

**VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ÜBER
BIEGEZUGFESTIGKEIT, DRUCKFESTIGKEIT UND HÄRTE
VON NATÜRLICHEN UND SYNTHETISCHEN DENTALGIPSEN**

NORBERT SCHÖNUNG

1978

Aus dem Institut für zahnärztliche Werkstoffkunde und
Technologie für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz

Vergleichende Untersuchungen über
Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Härte
von natürlichen und synthetischen Dentalgipsen

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung der Würde des Doktors der Zahnmedizin
der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz
den Medizinischen Fachbereichen

vorgelegt von

Norbert Schöning

aus Neustadt an der Weinstraße

Mainz

1978



Fachbereichsdekan: Prof. Dr. W. Ketterl

1. Gutachter: Prof. Dr. H. Marx

2. Gutachter: Prof. Dr. K. Fuhr

INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINLEITUNG, FRAGESTELLUNG und PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN	1
2.	LITERATURÜBERSICHT	6
3.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	10
3.1.	Material	10
3.2.	Methode	10
3.2.1.	Allgemeine Versuchsbedingungen	10
3.2.2.	Herstellung der Probekörper	11
3.2.3.	Prüfungen	15
3.2.3.1.	Biegezugfestigkeit	15
3.2.3.2.	Druckfestigkeit	20
3.2.3.3.	Härte	23
3.3.	Versuchsergebnisse	26
3.4.	Zusammenfassung der Ergebnisse	34
3.4.1.	Graphische Darstellungen	34
3.4.2.	Synoptische Betrachtung	36
4.	DISKUSSION	37
4.1.	Diskussion der Ergebnisse	37
4.2.	Diskussion der DIN 13911 auf Grund eigener Erfahrung	38
5.	ZUSAMMENFASSUNG	42
6.	LITERATURVERZEICHNIS	44
7.	Anhang: DIN 13911	47
8.	Lebenslauf	53

1. EINLEITUNG, FRAGESTELLUNG und PHYSIKALISCHE GRUNDLAGEN

1.1. Einleitung

Gips findet in der Zahnheilkunde mehrere Verwendungsmöglichkeiten: als Abformmaterial, als Modellmaterial, zum Eingipsen von Modellen in Artikulatoren, zum Einbetten und als Bestandteil von Einbettmassen und Lötmassen. Man wird nach dem jeweiligen Verwendungszweck die einzelnen Eigenschaften festsetzen und die Anforderungen verschieden stark gewichten. Dazu gehören Volumenkonstanz, Fließfähigkeit, Detailreproduktion, Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit, Härte, Homogenität, Verarbeitungsbreite, Erhärtungszeit, Indifferenz gegen Abformmaterialien, Neutralität gegenüber Polymerisationsvorgängen, Gewebefreundlichkeit, Geruchs- und Geschmacksneutralität und ausreichende Lagerfähigkeit.

Zur Objektivierung dieser Eigenschaften dienen genormte - national unterschiedliche - Prüfverfahren: die 'New American Dental Association Specification No 25', die 'Australian Standard Specification for Dental Laboratory Plaster', die 'Draft British Standard Specification for Dental Artificial Stone Document No 70/21255' und die 'Deutsche Industrie Norm (DIN) Zahnärztliche Werkstoffe Gips 13911'(6). In der International Organization for Standardization (ISO) wird an der Aufstellung einer ISO Norm über zahnärztliche Gipse gearbeitet.

Die DIN 13911 unterteilt die Gipse folgendermaßen:

- Typ I Abdruckgips
- Typ II Alabastergips = Modellgips
- Typ III Hartgips
- Typ IV Hartgips extrahart = Stonegips

Die Mindestanforderungen steigen dabei kontinuierlich von Typ II zu Typ IV.

1.2. Fragestellung

Es wurden 3 Modellgipse, 7 Hartgipse und 5 Stonegipse in einer vergleichenden Untersuchung auf Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Härte nach der DIN 13911 geprüft. Es wurde insbesondere darauf geachtet, ob die neuerdings auf dem Dentalmarkt stark vertretenen Synthetikkipse den herkömmlichen Naturgipsen überlegen, gleichwertig oder unterlegen sind. Weiterhin wurde untersucht, inwieweit sich die im April 1976 erschienene DIN 13911 'Zahnärztliche Werkstoffe, Gips, Anforderungen, Prüfungen' (6) bewährt.

1.3. Physikalische Grundlagen

1.3.1. Biegezugfestigkeit

Die Biegezugfestigkeit δ_{bB} ist definiert als maximales Biegemoment M_{max} bezogen auf das Widerstandsmoment des Probekörperquerschnitts W .

$$\delta_{bB} = \frac{M_{max}}{W}$$

M_{max} = maximales Biegemoment

W = Widerstandsmoment des Probekörperquerschnitts

Das Biegemoment M beträgt im Falle eines Trägers, der durch zwei Auflager im Abstand l unterstützt wird

$$M = \frac{P \cdot l}{4}$$

P = Prüfkraft der Lastschneide

l = Abstand der Auflager

Dabei ist P die Kraft der Lastschneide, die sich mit ihrem Scheitel gleichweit in der Mitte zwischen den beiden Auflagern befindet.

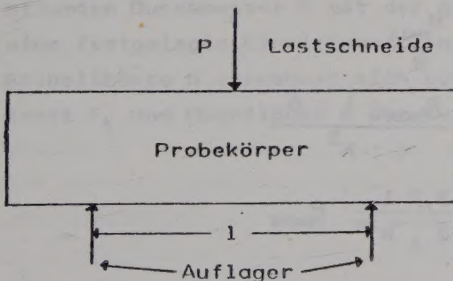


Abb. 1:

Prinzip der Biegezugfestigkeitsprüfung

Zur Ermittlung des maximalen Biegemoments $M_{\max}$ wird die Prüfkraft beim Bruch der Probekörper, $P_{\max}$, eingesetzt, so daß sich für das maximale Biegemoment ergibt

$$M_{\max} = \frac{P_{\max} \cdot l}{4}$$

Das Widerstandsmoment W ist definiert als Quotient aus dem Trägheitsmoment J und dem Schwerachsenabstand e

$$W = \frac{J}{e}$$

Das Trägheitsmoment J beträgt im Falle eines quadratischen Querschnittes mit der Seitenlänge h

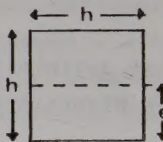
$$J = \frac{h^4}{12}$$


Abb. 2: Probekörperquerschnitt

Der Schwerachsenabstand e ist gleich der halben Seitenlänge h des Quadrats

$$e = \frac{h}{2}$$

Daraus ergibt sich für das Widerstandsmoment eines Quadrats die Formel

$$W = \frac{h^3}{6}$$

Die Biegezugfestigkeit δ_{bB} beträgt danach bei prismatischen Probekörpern und beschriebener Belastungsanordnung

$$\begin{aligned} \delta_{bB} &= \frac{M_{\max}}{W} \\ &= \frac{P_{\max} \cdot l \cdot 6}{4 \cdot h^3} \\ &= \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{h^3} \cdot P_{\max} \end{aligned}$$

1.3.2. Druckfestigkeit

Der Druck ist definiert als Quotient aus Kraft P und Fläche A , wobei lediglich die senkrecht zueinander stehenden Komponenten berücksichtigt werden.

$$D = \frac{P}{A} \quad \left| \quad P \perp A \right.$$

Die Druckfestigkeit ist die Höchstbelastung bis zum Bruch ($P_{\max}$) bezogen auf den Querschnitt senkrecht zur Krafteinwirkung (A).

$$\text{Druckfestigkeit } D = \frac{P_{\max}}{A} \quad \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

1.3.3. Härte

Für die Härte gibt es keine eindeutige physikalische Definition. Deshalb kann die Härte nach verschiedenen Prüfmethoden ermittelt werden, entweder nach dem Eindringverfahren oder nach dem Ritzverfahren. Für letzteres sind die Methoden nach MOHS und MARTENS bekannt. In der zahnärztlichen Werkstoffprüfung ist das Eindringverfahren gebräuchlicher, das sich in statische und dynamische Methoden unterteilt. Zu den statischen Methoden gehören die BRINELL-, VICKERS- und ROCKWELL-Härtebestimmung, zu den dynamischen Verfahren zählt die Härtemessung mit dem Poldihammer sowie die Shore-Härtebestimmung.

Die DIN schreibt eine Härteprüfung mit der Kugeleindruckmethode nach BRINELL vor. Dabei wird eine Kugel mit einem bestimmten Durchmesser D mit der gewählten Prüfkraft F_1 für eine festgelegte Einwirkdauer in die Probe eingedrückt. Die Brinellhärte H errechnet sich aus dem Quotienten von Prüfkraft F_1 und Oberfläche A der Kugelkalotte des Eindrucks.

$$H = \frac{F_1}{A}$$

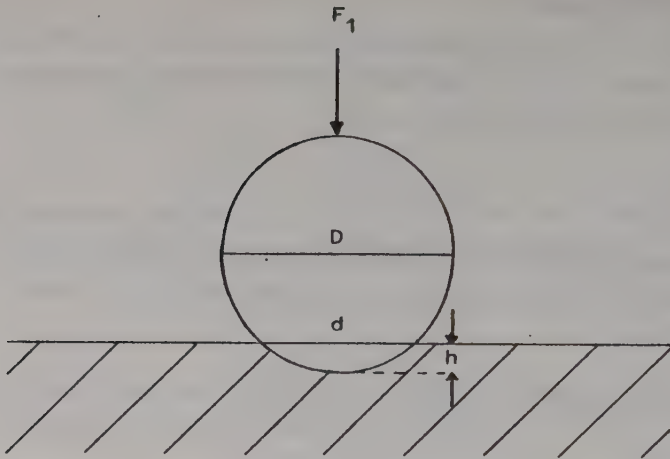


Abb. 3: Prinzip der Härteprüfung

Zur Bestimmung der Eindruckoberfläche kann man entweder die Tiefe des Eindrucks h oder den Durchmesser des Eindrucks d messen, so daß sich für die Brinellhärte ergibt

$$H = \frac{F_1}{\pi \cdot D \cdot h}$$

$$\text{oder } H = \frac{F_1 \cdot 2}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

2. LITERATURÜBERSICHT

WEIKART (30) setzte sich 1949 dafür ein, das Mischungsverhältnis und die Anmischtechnik nach den Angaben der Hersteller vorzunehmen, um die besten Ergebnisse bei den einzelnen Materialien zu erzielen.

REHBERG (23) zeigte 1950, wie die Härte des Gipses vom Verhältnis Wasser/Gips, von der Zeit bis zur Prüfung, von der Anrührdauer und der Temperatur abhängt. Aus diesen Untersuchungen zieht er Schlußfolgerungen über die notwendige Bearbeitungsweise des Gipses bei der Herstellung oberer und unterer totaler Prothesen nach dem thermoplastischen Verfahren.

DREYER-JØRGENSEN (9) kam 1951 u.a. zu folgenden Ergebnissen: Die Härte eines Gipses ist gleichzeitig Ausdruck für sein Unvermögen zu plastischer Formveränderung und für seine Kompressibilität. Die Härte des Gipses steigt sehr stark mit abnehmender Wassermenge beim Anrühren. Das vom Hersteller angegebene Mischungsverhältnis Wasser/Gips entspricht nicht immer dem Optimum.

PEYTON, LEIBOLD und RIDGLEY (22) untersuchten 1952 die Oberflächenhärte, Druckfestigkeit und Abrasionsfestigkeit von Hart- und Stonegipsen. Sie fanden, daß Stonegipse ihr Härtemaximum in drei Tagen und somit schneller als die Hartgipse erreichten. Die Trockenhärte war stets höher als die Feuchthärte.

REHBERG und BECHERER (24) deuteten 1954 die unter den verschiedensten Herstellungsbedingungen erzielte Härte des verfestigten Gipses durch die Kapillarkräfte in Verbindung mit der Kristallstruktur und der Kristallgröße.

FAIRHURST (12) beobachtete 1960 eine Zunahme der Kompressibilität mit steigendem Gipsanteil beim Anrühren von Hartgipsen. Die Trockenhärte war immer größer als die Feuchthärte. Weiterhin stellte er eine Abnahme der Kompressibilität bei steigender Temperatur fest.

HENNICKE (16) forderte 1960, daß die Werkstoffforschung nicht Selbstzweck sein dürfe, sondern die Resultate mit den praktischen Gegebenheiten in Einklang zu bringen seien. Bei der Anwendung sollte immer die Koordination zwischen Experiment und Praxis angestrebt werden.

HOSODA u.a. (17) konstruierten 1962 ein Kratzinstrument zur Härtemessung und verglichen die damit erzielten Ergebnisse mit den Resultaten der Härtemessung nach Knoop. Der neue Apparat sei dabei, nach Meinung der Verfasser, im Hinblick auf die Praxisbezogenheit dem Knoop'schen Verfahren überlegen.

SCHWINDLING und GENIESER (27) prüften 1962 zehn Hartgipssorten auf Volumenbeständigkeit, Härte und Druckfestigkeit. Nur ungefähr ein Drittel der betroffenen Gipse zeigte bei guter Volumenkonstanz auch entsprechend hohe Werte der Härte und Druckfestigkeit. Die Härtezunahme und Bruchfestigkeitszunahme erfolgten synchron. Die Absolutwerte von Härte und Bruchfestigkeit standen allerdings in keinem erkennbaren Zusammenhang.

COOMBE und SMITH (5) bestimmten 1964 u.a. die Druckfestigkeit und Härte verschiedener Gipse. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß einige Hartgipse in diesen beiden Punkten besser abschneiden als einige Stonegipse.

EARNSHAW und SMITH (11) stellten 1966 fest, daß die Zugfestigkeit von Gipsen durch Änderungen des Wasser/Gips-Verhältnisses weniger beeinflußt wurde als deren Druckfestigkeit.

OVERBERGER und SAMAY (21) vertraten 1968 die Meinung, daß das vom Hersteller angegebene Wasser/Gips-Verhältnis für ein Optimum an Härte Sorge.

LENZ (19) untersuchte 1969 Spezialhartgipse, galvanoplastische Metallniederschläge und neuere Spezialstumpfmateriale u.a. auch auf deren Oberflächenhärte. Er empfahl, die Gipsmodelle zur Ausnutzung der größtmöglichen mechanischen Widerstandsfähigkeit nur in ausgetrocknetem Zustand zu verwenden. Besonders beanspruchte Modellstümpfe sollten galvanisch verkupfert werden.

EL TANNIR und IMAM (28) testeten 1969 u.a. den Einfluß unterschiedlicher Sumpfzeiten auf die Druckfestigkeit und Härte von Modell- und Hartgipsen. Die besten Werte erreichten sie bei einer Sumpfzeit von einer Minute.

SALAMON (26) maß 1970 die Druckfestigkeit und Kugeldruckhärte verschiedener Hart- und Spezialhartgipse nach 1/2 und nach 24 Stunden Erhärtungsdauer.

FINGER und LOCKOWANDT (13) untersuchten 1971 verschiedene Gipse hinsichtlich ihrer Oberflächenhärte nach Knoop. Sie beobachteten unterschiedliche Minderungen der Härtewerte beim Kontakt mit verschiedenen Abformmaterialien während des Aushärtens. Weiterhin stellten sie einen erheblichen Härteanstieg in den ersten 6 Stunden nach der Modellherstellung fest.

DREYER-JØRGENSEN und KONO (10) zeigten 1971, daß die Luftblasenporosität eines Spezialhartgipses vom Mischungsverhältnis praktisch unabhängig ist. Die Vakuumbehandlung bewirkte eine wesentliche Verringerung der Porosität und eine Steigerung der Druckfestigkeit von ca. 20%. Die Festigkeit nahm mit steigendem Wasser/Gips-Verhältnis ab.

WELKER (31) berichtete 1974, daß u.a. die Härte von Modellgips durch die Varianz der Verarbeitungsbedingungen nur wenig beeinflußt wurde. Er nahm Stellung zu einem neuen Verarbeitungsverfahren mit industrieller Prädosierung von Gips und Wasser in Einzelgebrauchskapseln und maschinellm Anrühren.

VON MERKATZ (20) unterzog 1975 eine Auswahl der auf dem deutschen Markt angebotenen Gipse einer Materialprüfung auf der Basis der ADA Spezifikation Nr. 25. Er teilte die Gipse in drei Kategorien ein: 1. solche, die die Spezifikation erfüllen, 2. solche, die nur geringe Abweichungen aufweisen und 3. solche, die nicht den Forderungen der Spezifikation entsprechen.

BILLEB (4) stellte 1976 große Unterschiede im Zusammenhang von Druckfestigkeit und Kugeldruckhärte einzelner Gipse fest. Teilweise war ein Zusammenhang nicht nachweisbar.

HÄNEL (15) beobachtete 1976 ein analoges Verhalten von Druckfestigkeit und Härte, während die Biegezugfestigkeit keinen entsprechenden Zusammenhang ergab. Unterschiedliche Lagerung und Mischtechnik beeinflussten zudem die Festigkeits- und Härtewerte.

FRANZ (14) sprach sich 1976 dafür aus, daß dem Gipsbrei keine Zusätze beigegeben werden sollten, da diese zwar einzelne Eigenschaften verbessern, dafür aber andere Werte negativ beeinflussen. Sie empfahl das Ausgießen bei 36°C. Bei Kontakt mit verschiedenen Abformmaterialien während des Aushärtens beobachtete sie unterschiedliche Verringerungen der Härtewerte, bei einem Synthetikgips sogar eine größere Härte im Kontakt mit Polysulfidmassen. Bei 95% Luftfeuchte ergaben sich trotz Kontakt mit Elastomer gleiche oder bessere Werte der Gipshärten. Die Härtekurve stieg bei Chemiegipsen schneller an als bei Naturgipsen und erreichte etwa nach sieben Tagen ein Optimum.

WIRZ, CASTAGNOLA und GILOMEN (32) untersuchten 1976 verschiedene Hartgipse und Spezialhartgipse nach der Spezifikation Nr. 25 der ADA, die sie aus Gründen der Praxisnähe modifizierten und ergänzten. Nur in wenigen Fällen erreichten die vom Hersteller angegebenen Werte die Testergebnisse.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1. Material

In die Untersuchungen wurden 15 Gipse einbezogen. Die Auswahl wurde so getroffen, daß jeder Gipstyp mehrmals vertreten war. Außerdem wurde darauf geachtet, daß innerhalb eines Typs jeweils Naturgipse mit Synthetikgipsen verglichen werden konnten.

Ein Teil der verwendeten Gipse wurde den Materiallagern der Mainzer Zahnklinik und des Mainzer Instituts für zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie entnommen. Die restlichen Gipse wurden direkt vom Hersteller bezogen.

SR-Ivocap ist ein Spezial-Modellmaterial auf Gipsbasis der Firma Ivoclar für die SR-Ivocap-Technik. Da die ermittelten Werte dieses Modellmaterials im Bereich der Hartgipse liegen, wurde SR-Ivocap dem Typ III zugeordnet.

Die Tabelle 1 gibt Aufschluß über Typenzugehörigkeit, Gipsorte, Abkürzung, Herstellungsart (N=Naturgips, S=Synthetikgips) und Herstellerfirma der einzelnen untersuchten Gipse.

3.2. Methode

3.2.1. Allgemeine Versuchsbedingungen

Zum Anrühren des Gipses wurde destilliertes Wasser verwendet. Vor Beginn der Probekörperherstellung waren die benötigten Geräte, der Gips und das destillierte Wasser länger als 10 Stunden dem Prüfklima ausgesetzt. Bei der Herstellung der Probekörper lag die Temperatur zwischen 19°C und 23°C und die relative Luftfeuchte zwischen 50% und 60%.

Nach dem Ausbetten wurden die Probekörper im Tropen-Klima-Prüfschrank 2102 der Firma Köttermann KG, Hänigsen, mit der Bodenfläche nach unten auf Plexiglasroste gelagert. Hier konnte die Temperatur auf $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ und die relative Luftfeuchte zwischen 50% und 56% gehalten werden.

Die Messungen erfolgten 24 ± 1 Std. nach Beginn der Probekörperherstellung.

3.2.2. Herstellung der Probekörper

3.2.2.1. Probeentnahme

Es wurden mindestens 8 kg aus jeder Gipssorte entnommen. Diese Menge wurde in einen verschließbaren Plastikeimer (Höhe 25 cm, unterer Durchmesser 21 cm, oberer Durchmesser 25 cm) gefüllt und auf einer Länge von mindestens 10 Metern auf dem Boden gerollt, so daß eine Durchmischung gewährleistet war.

Tabelle 1: Materialübersicht (N=Naturgips, S=Synthetikgips)

Typ	Gipssorte	Abkürzung		Herstellerfirma bzw. Vertrieb
II	Giluplaster	Gp	S	Gebr. Giuliani / Ludwigshafen
II	Moldabaster	Mb	N	Bayer AG / Leverkusen
II	Non Plus Ultra	NPU	N	Ernst Hinrichs / Osterode
III	Begodur	Bd	N	Herbst / Bremen
III	Duroc	Dc	N	Kentzler-Kaschner / Ellwangen
III	Giludur	Gd	S	Gebr. Giuliani / Ludwigshafen
III	Moldano	Mn	N	Bayer AG / Leverkusen
III	Rapidur	Rd	S	Dentaurum / Pforzheim
III	SR-Ivocap	SR		Keramoplast GmbH / Ellwangen
III	Wipogranit	Wg		Wiegelmann / Bonn
IV	Alphadur 700	Ad	S	Schütz-Dental / Rosbach
IV	Gilstone	Gs	S	Gebr. Giuliani / Ludwigshafen
IV	Moldaroc	Mr	N	Bayer AG / Leverkusen
IV	Tewestone	Ts	S	Kettenbach / Eschenburg
IV	Vel-Mix-Stone	Vs	N	Kerr GmbH / Karlsruhe

3.2.2.2. Probekörpermaße

Nach der DIN 13911 haben die Probekörper für die Biegezugfestigkeitsprüfung Prismenform mit den Maßen 160mm x 40mm x 40mm. Sie werden im folgenden Text 'große Probekörper' genannt. Für die Druckfestigkeits- und Härteprüfung wird jeweils eine Bruchhälfte der nach der Biegezugfestigkeitsprüfung geteilten Probekörper verwendet.

Nach eigenem Vorschlag wurden die Versuche auch mit halb so großen Probekörpern durchgeführt, also mit Prismen der Maße 80mm x 20mm x 20mm. Sie werden künftig 'kleine Probekörper' genannt.

3.2.2.3. Probekörperanzahl

Jede Gipssorte wurde mit drei kleinen und drei großen Probekörpern auf Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Härte untersucht.

3.2.2.4. Probekörperschablonen

Die Schablonen sind in der DIN 1164, Teil 7, festgelegt. Sie sind dreigeteilt, damit in einem Arbeitsgang drei Probekörper hergestellt werden können. Die Wanddicke beträgt 10 mm. Die Grundfläche besteht aus Hartaluminium, die Seitenwände sind aus Messing. Für die kleinen Probekörper werden entsprechend kleinere, ganz aus Messing bestehende Formen benutzt.

Tabelle 2: Verhältnis Wasser/Gips laut Herstellerangaben

Gipssorte	Verhältnis Wasser/Gips	Gipssorte	Verhältnis Wasser/Gips
Giluplaster	0,55	SR-Ivocap	0,29
Moldabaster	0,50	Wipogranit	0,33
Non Plus Ultra	0,55	Alphadur 700	0,24
Begodur	0,25	Gilstone	0,23
Duroc	0,24	Moldaroc	0,27
Giludur	0,30	Tewestone	0,23
Moldano	0,30	Vel-Mix-Stone	0,22
Rapidur	0,21		

3.2.2.5. Verhältnis Wasser/Gips

Die Dosierung von Wasser und Gips wurde (abweichend von der DIN 13911) nach den Angaben der Hersteller vorgenommen (s. Tabelle 2). Die einzelnen Mengen wurden auf einer Waage der Firma Sartorius, Göttingen, auf 0,1 g genau abgemessen.

3.2.2.6. Mischtechnik

Die DIN 13911 sieht folgende Zeiten vor für den Fall, daß vom Hersteller keine Angaben darüber gemacht werden:

Einstreudauer	10 sec
Sumpfdauer	20 sec
Anrührdauer	30 sec

Von den Herstellern wurden bis auf eine Ausnahme die gleichen Zeiten empfohlen oder keine Angaben gemacht. So wurde lediglich bei dem Gips 'Non Plus Ultra' die Sumpf- und Anrührdauer auf jeweils 60 sec verlängert, wie es der Hersteller verlangte.

Im letzten Teil der Sumpfzeit wurde der Gipsbrei kurz von Hand umgerührt, um das folgende maschinelle Anrühren zu ermöglichen.

Zur Herstellung der großen Probekörper wurde das Vakuum-Rührgerät 'Motova' mit dem 'Super-Gipstopf' von 1650 cm³ Inhalt der Firma Herbst, Bremen, benutzt. Die Umdrehungszahl beim Anrühren betrug 320 U/min. Der Gips für die kleinen Probekörper wurde mit dem Vakuum-Rührgerät 'Multivac 2' mit dem Anrührbecher von 650 cm³ Inhalt der Firma Degussa, Frankfurt, angerührt. Die Umdrehungszahl betrug hier 360 U/min bei einem Unterdruck von 6-8 Torr.

3.2.2.7. Verdichten der Probekörper

Sofort nach Beendigung des Anmischens wurde der Gips innerhalb von 30 sec auf einem Vibrationstisch in die Probekörperschablone eingerüttelt.* Die Oberfläche wurde glattgestrichen. Zur Herstellung der großen Probekörper wurde ein Rüttler der Firma J. Freundel, Wennigsen, verwendet. Für die kleinen Probekörper wurde der Rüttler 'Vibramat' der Firma Krupp dental, Essen, benutzt.

* siehe Fußnote auf Seite 14

3.2.2.8. Entformung und Markierung

Eine halbe Stunde nach dem Ausgießen wurden die Probekörper entformt und Gipssorte und Probekörpernummer auf beiden Stirnseiten durch Einritzen markiert. Anschließend wurden die Probekörper im Klimaschrank gelagert.

3.2.2.9. Tabelle 3: Zeitliche Übersicht der Herstellung der Probekörper

Dauer in Sekunden		Einzelvorgang
jedes Vorgangs	des Gesamt- vorgangs ab Einstreubeginn	
10 sec	10 sec	Einstreuen des Gipses in Wasser
25 sec 5 sec	25 sec 30 sec	Sumpfdauer kurzes manuelles Umrühren
30 sec	60 sec	maschinelle Rührdauer
30 sec	90 sec	Einfüllen unter Vibration
28,5 min	30 min	Erstarrungszeit
30 min	60 min	Entformung und Markierung
23 h	24 h	Lagerung im Klimaschrank
anschließend		Prüfungsbeginn

Bei dem Gips 'Moldaroc' führte das vom Hersteller angegebene Mischungsverhältnis zu einer so hohen Viskosität, daß man eher vom Einspachteln als vom Ausgießen sprechen muß. Dies sei hier nur am Rande erwähnt, da Detailwiedergabe und Fließfähigkeit nicht Gegenstand meiner Untersuchungen waren.

3.2.3. Prüfungen

In der ersten Versuchsreihe wurden von jeder Gipssorte drei große Probekörper (nach DIN 13911) untersucht. In der zweiten Versuchsreihe erfolgte die Prüfung der kleinen Probekörper. Die Belastungsanordnung wurde dabei entsprechend modifiziert.

3.2.3.1. Biegezugfestigkeit

Zur Bestimmung der Biegezugfestigkeit verweist die DIN 13911 auf die DIN 1164 'Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement, Bestimmung der Festigkeit'. Dort wird die Belastungsanordnung festgelegt und die Kraftsteigerung mit einer Geschwindigkeit von 5 ± 1 kp/sec vorgeschrieben. Hierfür sind Geräte mit elektromotorisch angetriebenem Laufgewicht oder Maschinen mit Schrotzulauf erlaubt. Mittels einer genormten Biegezugvorrichtung wird ein Probekörper mit einer Seitenfläche auf zwei Auflagern bei definiertem Auflagerabstand und in der Mitte einwirkender Kraft bis zum Bruch auf Biegung belastet. Durch Abrundung des Scheitels der Auflager und der Lastschneide ist eine Keilwirkung ausgeschlossen.

3.2.3.1.1. Prüfung der großen Probekörper

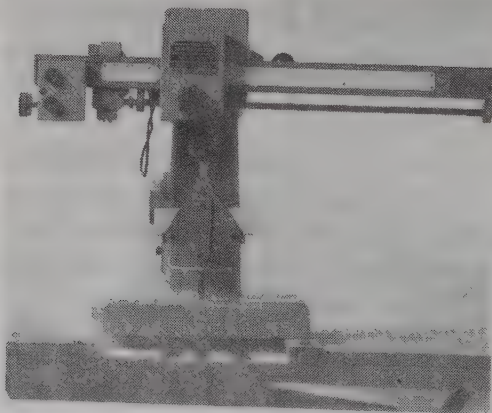


Abb. 4: Biegezugfestigkeitsprüfer mit eingespanntem Probekörper nach DIN 13911

3.2.3.1.1.1. Belastungsanordnung

Die Probekörper werden mit einer Seitenfläche auf zwei mit ihren Scheiteln 100 mm voneinander entfernte, gerundete Auflager (Radius der Rundung = 5 mm) gelegt. Eine abgerundete Lastschneide von gleichem Radius wie die Auflager, die sich mit ihrem Scheitel gleichweit in der Mitte zwischen den beiden Auflagern befindet, überträgt die Kraft P auf die gegenüberliegende Seitenfläche des Probekörpers.

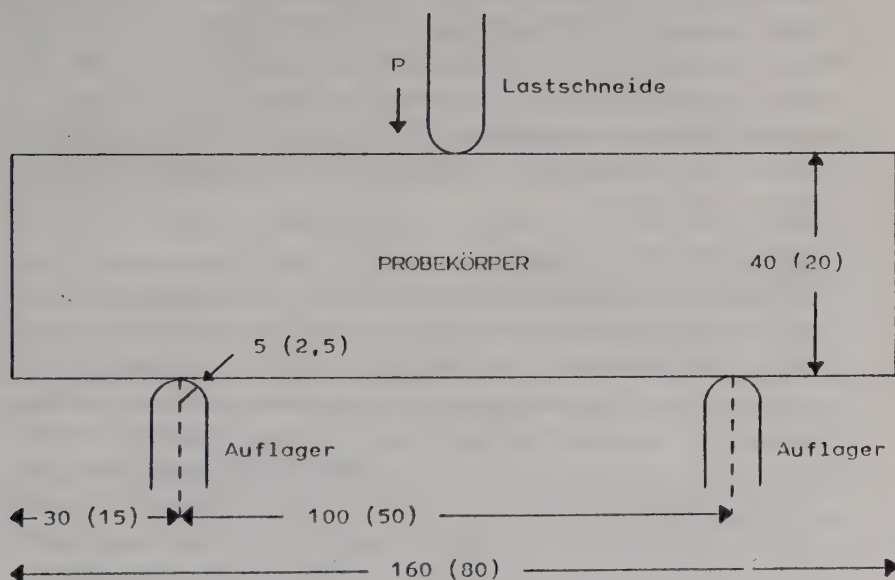


Abb. 5: Belastungsanordnung bei der Ermittlung der Biegezugfestigkeit

Die Zahlen geben die Abmessungen in mm für die grossen Probekörper an, die Zahlen in Klammern gelten für die kleinen Probekörper.

3.2.3.1.1.2. Gerätebeschreibung

Die Biegezugfestigkeitsversuche der großen Probekörper wurden mit dem Biegezugfestigkeitsprüfer Nr. 995 der Firma Curt Weissgerber, Frankfurt, vorgenommen (s. Abb. 4). Das Gerät wurde mir für die Dauer der Prüfungen von der amtlichen Baustoffprüfstelle der staatlichen Ingenieurschule für Bau- und Vermessungswesen in Mainz zur Verfügung gestellt. Es eignet sich zur Bestimmung der Biegezugfestigkeit und Zerreißfestigkeit verschiedener Werkstoffe nach DIN 1164, DIN 1060 und DIN 1168.

Die Krafterzeugung erfolgt durch eine Laufgewichtswaage mit Elektroantrieb. Beim Bruch der Probekörper wird der Antriebsmotor automatisch abgeschaltet und elektromagnetisch gebremst. Die Meßergebnisse lassen sich direkt in kp/cm^2 auf einer Skala am Laufgewichtsbalken ablesen. Das Gerät kann auf zwei Meßbereiche eingestellt werden: 115 kp Höchstlast bei einer Lastzunahme von 1 kp/sec oder 630 kp Höchstlast bei einer Lastzunahme von 5 kp/sec.

3.2.3.1.1.3. Durchführung

Der Biegezugfestigkeitsprüfer Nr. 995 wird auf den Meßbereich von 630 kp Höchstlast, mit einer Lastzunahme von 5 kp/sec, eingestellt. Die großen Prismen werden in die Einspannvorrichtung mit einer Seitenfläche nach oben eingelegt und in loser Stellung der Waagebalken mit einem Ausgleichsgewicht austariert. Die Feineinstellung wird mit der Rädelschraube am Ausgleichsgewicht vorgenommen, bis der schwarze Zeiger zwischen den beiden inneren roten Markierungen des Justierfensters steht. Anschließend wird der Probekörper mit dem Handrad festgezogen, bis der Waagebalken leicht schräg nach oben steht, damit der spätere Bruch möglichst in waagerechter Balkenstellung erfolgt. Nun wird das elektromotorische Laufgewicht ausgelöst und nach eingetretenem Bruch die Biegezugfestigkeit in kp/cm^2 am Waagebalken abgelesen.

3.2.3.1.1.4. Auswertung

Da das Ergebnis in kp/cm^2 abgelesen wird, muß es noch mit dem Faktor 0,0981 multipliziert werden, um die nach DIN 13911 geforderte Einheit von N/mm^2 zu erhalten.

3.2.3.1.2. Prüfung der kleinen Probekörper

3.2.3.1.2.1. Belastungsanordnung

Die Belastungsanordnung wurde analog zu den großen Probekörpern vorgenommen, wobei die Parameter auf die Hälfte reduziert wurden. Der Auflagerabstand beträgt hier also 50 mm und der Radius der Auflagerrundung und der Lastschneide 2,5 mm.

3.2.3.1.2.2. Gerätebeschreibung

Für die Prüfung der kleinen Probekörper wurde die Zugprüfmaschine Nr. 1441 der Firma Zwick & Co, Ulm, verwendet. Die Maschine entspricht den allgemeinen Bedingungen für Zugprüfmaschinen nach der DIN 51220, Klasse 1, sowie der DIN 51221. Das Gerät ist ausgerüstet für weg- und trägheitsarme Kraftmessung und geeignet zur Bestimmung der Zugfestigkeit, Dehnung und Bruchdehnung verschiedener Werkstoffe. Druck- und Biegegehänge gestatten Druck- und Biegeprüfungen. Für Druckprüfungen wird das Gehänge mit Druckplatten, für Biegeprüfungen mit Lastschneide und Auflagern ausgerüstet.

Der Antriebsmotor überträgt seine Kraft mittels Zahnriemen über Schneckengetriebe und Spindelmutter auf die Zugspindel. Die Forderungen an die Prüfgeschwindigkeitskonstanz sind hinreichend erfüllt. Die Drehzahlveränderung bei maximaler Belastung beträgt bei der maximalen Prüfgeschwindigkeit -7,5% und bei der minimalen Prüfgeschwindigkeit +4%.

3.2.3.1.2.3. Durchführung

Für die Biegezugfestigkeitsprüfung wird das Biegegehänge eingebaut. Eine gleichmäßige Verteilung der Belastung auf den Probekörper wird dadurch gewährleistet, daß der Scheitel der Auflager rechtwinklig zur Längsachse des Probekörpers frei um seinen Drehpunkt kippbar ist.

Nach Einstellen der Prüfgeschwindigkeit von 5 kp/sec und Wahl des Meßbereichs von 200 kp wird der untere Spannkopf in Ausgangsstellung gefahren. Die Probe wird aufgelegt. Danach wird der Nullpunkt am Kraftanzeiger genau eingestellt und der Schleppzeiger auf Null gedreht. Die Auslösetaste wird gedrückt und die Maschine nach erfolgtem Bruch gestoppt. Am Schleppzeiger wird der Meßwert $P_{\max}$ abgelesen.

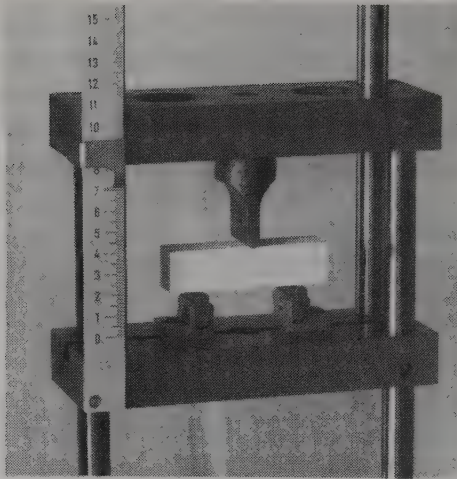


Abb. 6: Versuchsanordnung zur Messung der Biegezugfestigkeit der kleinen Probekörper

3.2.3.1.2.4. Auswertung

Als Biegezugfestigkeit gilt der Mittelwert aus der Prüfung von 3 Probekörpern. Der Meßwert $P_{\max}$ wird in kp abgelesen.

Die Biegezugfestigkeit errechnet sich bei den kleinen Probekörpern und der beschriebenen Belastungsanordnung nach

$$\delta_{\text{bB}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{h^3} \cdot P_{\max}$$

l = Auflagerabstand = 50 mm
 h = Seitenlänge des Probekörperquerschnitts = 20 mm
 $P_{\max}$ = Prüfkraft beim Probekörperbruch in kp

Um die nach DIN 13911 geforderte Einheit von N/mm^2 zu erhalten, wird das Ergebnis noch mit dem Faktor 9,81 multipliziert:

$$\delta_{\text{bB}} = 0,09197 \cdot P_{\max}$$

3.2.3.2. Druckfestigkeit

Je Gipssorte werden die drei Bruchhälften aus der Biegezugfestigkeitsprüfung zur Bestimmung der Druckfestigkeit herangezogen. Zu dieser Bestimmung verweist die DIN 13911 auf die DIN 1164, die im wesentlichen folgendes bestimmt:

Der Probekörper wird mit der Seitenfläche in die Mitte zwischen die Druckplatten gestellt. Eine der beiden Druckplatten ist kugelgelagert befestigt, so daß eine gleichmäßige Kraftverteilung gewährleistet ist. Die Kraft wird um 1 kN/sec gesteigert. Die Druckprüfmaschine muß mindestens der Klasse 2 der DIN 51200 entsprechen.

3.2.3.2.1. Prüfung der großen Probekörper

3.2.3.2.1.1. Belastungsanordnung

Jede Druckplatte hat eine Fläche von $40\text{mm} \times 62,5\text{mm} = 25\text{ cm}^2$. Der Probekörper wird so aufgelegt, daß das Bruchende frei über die Druckplatten hinausragt und die Stirnseite glatt mit den Druckplatten abschließt.

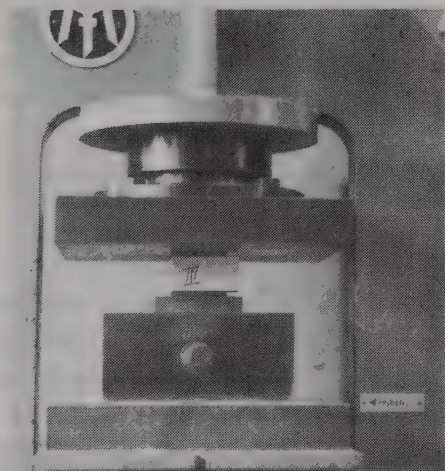


Abb. 7: Versuchsanordnung zur Messung der Druckfestigkeit der großen Probekörper

3.2.3.2.1.2. Gerät

Die Druckversuche wurden mit der Baustoff-Prüfmaschine Type BPP 60 der Firma Mohr und Federhaff AG, Mannheim, durchgeführt. Das Gerät ist im Besitz der amtlichen Baustoffprüfstelle der staatlichen Ingenieurschule für Bau- und Vermessungswesen in Mainz und wurde mir freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

Die Maschine besteht aus der Presse und dem Steuerstand. Die Presse besteht aus einem Gehäuse, zwei Druckplatten und einem Preßzylinder. Die obere Druckplatte ist in einem Kugelgelenk beweglich aufgehängt. Im Preßzylinder kann ein die untere Druckplatte tragender Kolben auf und ab bewegt werden. Der Steuerstand setzt sich aus einem Gehäuse, einer Meßuhr, dem Steuerhebel und einem Handrad zusammen. Das Gehäuse enthält eine elektrisch angetriebene mehrkolbige Preßpumpe, deren Fördermenge durch ein Steuerventil mit dem Handrad eingestellt werden kann. Die Prüfkraft wird in kp an der Meßuhr abgelesen, die gleichzeitig einen Schleppzeiger besitzt, der das Ablesen der Kraft nach Ende des Prüfvorganges bzw. beim Bruch des Probekörpers ermöglicht. Durch Betätigen des Steuerhebels aus der senkrechten Lage nach vorn, bei gleichzeitig geöffnetem Steuerventil, bewegen sich die Druckplatten aufeinander zu, während durch Rückwärtsführung des Hebels bei geschlossenem Steuerventil der Druckkolben abwärts fährt.

3.2.3.2.1.3. Durchführung

Bei den Modellgipsen wurde im Meßbereich bis 12000 kp gearbeitet, bei den Hart- und Stonegipsen wurde der Meßbereich bis 30000 kp gewählt.

Der Probekörper wird in die Mitte der Druckplatten auf die Presse gelegt. Anschließend wird am Steuerventil eine Kraftsteigerung von 1 kN/sec eingestellt und der Steuerhebel nach vorn geführt. Nach dem Bruch der Probe wird das Ergebnis am Schleppzeiger in kp abgelesen und der Steuerhebel wieder in die senkrechte Lage zurückgestellt.

3.2.3.2.1.4. Auswertung

Zur Berechnung der Druckfestigkeit $D = \frac{P_{\max}}{A}$ wird der Meßwert $P_{\max}$ mit den Faktoren $9,81 \cdot \frac{1}{2500} = 3,924 \cdot 10^{-3}$ multipliziert, um das Ergebnis in $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ zu erhalten.

3.2.3.2.2. Prüfung der kleinen Probekörper

3.2.3.2.2.1. Belastungsanordnung

Die Belastungsanordnung wurde wieder analog zu den großen Probekörpern vorgenommen. Die Seiten der Druckfläche waren dabei ebenfalls halbiert. Es resultierte also eine Druckfläche von $20\text{mm} \times 31,25\text{mm} = 625\text{mm}^2$. Diese Druckfläche wurde dadurch erreicht, daß der überschüssige Anteil der Probekörper von der Bruchseite her abgesägt wurde. Die Druckplatten überragten allseitig den Probekörper.

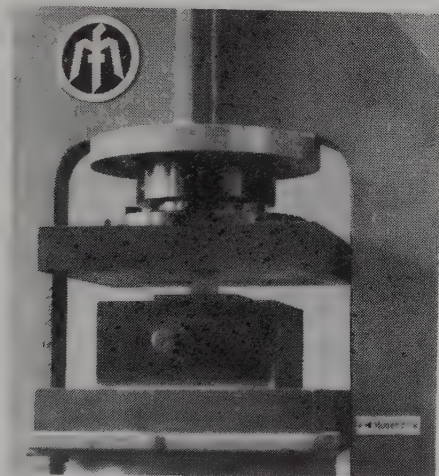


Abb. 8: Versuchsanordnung zur Messung der Druckfestigkeit der kleinen Probekörper

3.2.3.2.2.2. Gerätebeschreibung

Es wurde hier ebenfalls die unter 3.2.2.2.1.2. näher beschriebene Baustoff-Prüfmaschine Type BPP 60 verwendet.

3.2.3.2.2.3. Durchführung

wie unter 3.2.2.2.1.3., jedoch im Meßbereich bis 12000 kp.

3.2.3.2.2.4. Auswertung

Zur Berechnung der Druckfestigkeit $D = \frac{P_{\max}}{A}$ wird der Meßwert $P_{\max}$ in kp mit den Faktoren $9,81 \cdot \frac{1}{625}$ multipliziert, um das Ergebnis in $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ zu erhalten.

3.2.3.3. Härte

Je eine Bruchhälfte der Probekörper aus der Biegezugfestigkeitsprüfung wird zur Härteprüfung herangezogen. Die DIN 13911 schreibt eine Härteprüfung nach Brinell vor. Jedes geeignete Kugeleindruck-Härteprüfgerät ist zulässig. Gemessen wird nach Entlastung unter Vorlast, weil dann die Deformation des Prüfgerätes vernachlässigt werden kann und Gips keine meßtechnisch bedeutende elastische Rückverformung aufweist. Folgende Größen werden nach der DIN 13911 festgelegt:

Durchmesser D der Stahlkugel = 10 mm

Prüfvorkraft F_0 = 10 N (~ 1 kp)

Prüfkraft F_1 = 500 N (~ 50 kp)

Es wird mit der Prüfvorkraft F_0 und dann innerhalb von 2 sec mit der Prüfkraft F_1 belastet. Die Belastungsdauer beträgt 15 sec.

3.2.3.3.1. Belastungsanordnung

Die Messungen erfolgen nacheinander von Stirnseite zu Bruchseite auf der Längsachse der Probekörperseitenflächen. Der Abstand vom Rand zu den Meßpunkten, bzw. der Meßpunkte untereinander, beträgt bei den großen Probekörpern 20 mm, bei den kleinen Probekörpern 10 mm. Auf diese Weise erhält man drei Eindrücke pro Seitenfläche, bzw. sechs Eindrücke pro Probekörper. Bei jeder Gipsorte werden so 18 Einzelmessungen durchgeführt.

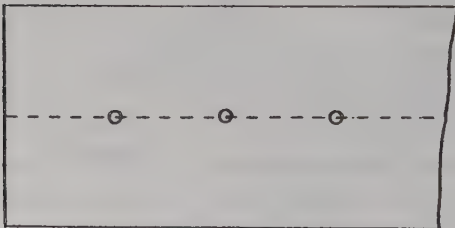


Abb. 9: Lage der Meßpunkte bei der Härteprüfung

3.2.3.3.2. Gerät

Zur Härteprüfung wurde der Kugeldruck-Härteprüfer 'Z 426' der Firma Zwick & Co, Ulm, herangezogen. Das Gerät ermöglicht Härteprüfungen mit verschiedenen Prüfspitzen mit unterschiedlicher Prüfvorkraft und Prüfkraft. Gemessen wird die Eindringtiefe der betreffenden Prüfspitze in die Probekörper. Bei Messung unter Last ist die Deformation des Gerätes abzuziehen. Diese beträgt bei einer Prüflast von 100 kp 0,06 mm, bei 50 kp 0,04 mm und kann bei Ablesung unter Prüfvorkraft vernachlässigt werden.

3.2.3.3.3. Durchführung

Zur Härteprüfung werden die Kugel von 10 mm Durchmesser, Prüfvorgewichte für 1 kp und das Prüfgewicht von 50 kp eingebaut. Der Probekörper wird auf den Auflagetisch der Spindel gelegt. Mit dem Handrad wird die Probe dann gegen die Kugel gefahren. Diese hebt sich und der Meßuhrzeiger beginnt zu wandern. Es wird so lange weitergedreht, bis der kleine und der große Meßuhrzeiger auf Null zeigen. Nun wird der Belastungshebel innerhalb von 2 sec im Gegenuhrzeigersinn gedreht, bis die Last ganz auf die Probe einwirkt. Nach 15 sec Belastungsdauer wird die Eindringtiefe der Stahlkugel in mm an der Meßuhr abgelesen.

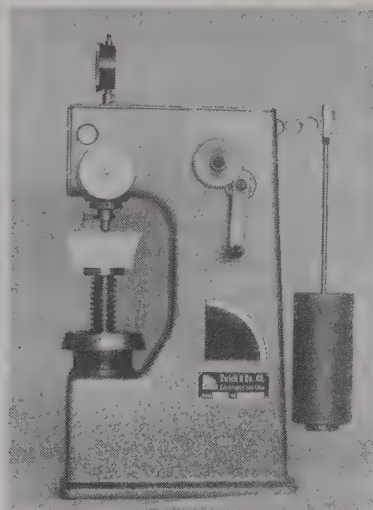


Abb. 10: Kugeldruck-Härteprüfer mit Probekörper nach DIN 13911

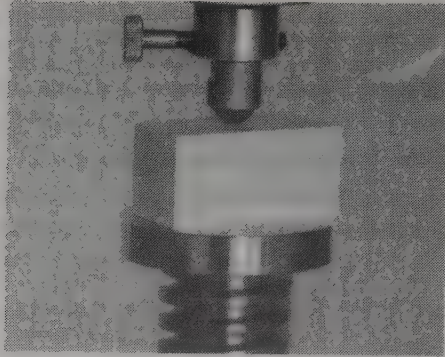


Abb. 11: Versuchsanordnung zur Härtemessung mit kleinem Probekörper. Belastungsanordnung für Meßpunkt 2

3.2.3.3.4. Auswertung

Nach der Formel $H = \frac{F_1}{\pi \cdot D \cdot h}$ ergibt sich bei einer Prüfkraft

$F_1 = 50 \text{ kp}$ und einem Kugeldurchmesser $D = 10 \text{ mm}$ für die

Härte H der Wert $\frac{15,613 \cdot 9,81}{h}$, gemessen in $\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$.

3.3. Versuchsergebnisse

3.3.1. Biegezugfestigkeit in $\frac{N}{mm^2}$

3.3.1.1. Tabelle 4: Probekörper nach DIN 13911

Gipssorte	Probekörpernummer			Mittelwert	Standardabweichung
	I	II	III		
Giluplaster	5,65	5,13	5,67	5,84	0,31
Moldabaster	4,84	4,88	4,17	4,63	0,40
Non Plus Ultra	5,02	5,28	5,62	5,31	0,30
Begodur	8,70	8,63	8,52	8,62	0,09
Duroc	7,57	7,10	7,71	7,46	0,32
Giludur	7,55	6,84	7,75	7,37	0,50
Moldano	7,75	7,46	7,36	7,52	0,20
Rapidur	8,80	9,79	9,34	9,31	0,50
SR-Ivoclar	7,57	7,77	7,71	7,68	0,10
Wipogranit	6,87	6,18	5,68	6,24	0,60
Alphadur	5,80	6,53	6,42	6,25	0,39
Gilstone	6,20	6,97	6,57	6,58	0,39
Moldaroc	6,87	7,26	6,72	6,95	0,28
Tewestone	7,90	7,26	7,49	7,55	0,32
Vel-Mix-Stone	7,88	8,16	8,74	8,26	0,44

3.3.1.2. Tabelle 5: Kleine Probekörper

Gipssorte	Probekörpernummer			Mittelwert	Standardabweichung
	I	II	III		
Giluplaster	5,66	5,24	5,16	5,35	0,27
Moldabaster	5,37	4,46	4,76	4,86	0,46
Non Plus Ultra	6,52	5,37	4,47	5,45	1,03
Begodur	8,10	8,92	8,79	8,60	0,44
Duroc	7,26	7,22	7,87	7,45	0,36
Giludur	7,11	7,68	6,34	7,04	0,67
Moldano	6,90	7,13	6,35	6,79	0,54
Rapidur	8,61	7,22	7,59	7,81	0,72
SR-Ivocap	7,83	6,92	7,18	7,31	0,47
Wipogranit	6,88	5,96	7,23	6,69	0,66
Alphadur	6,40	5,66	5,80	5,95	0,39
Gilstone	6,95	7,20	6,34	6,83	0,44
Moldaroc	7,21	7,07	6,14	6,81	0,58
Tewestone	8,18	7,49	7,91	7,86	0,28
Vel-Mix-Stone	7,68	9,29	8,74	8,57	0,82

3.3.2. Druckfestigkeit in $\frac{N}{mm^2}$

3.3.2.1. Tabelle 6: Probekörper nach DIN 13911

Gipssorte	Probekörpernummer			Mittelwert	Standardabweichung
	I	II	III		
Giluplaster	16,8	15,6	16,4	16,3	0,61
Moldabaster	14,2	13,9	13,9	14,0	0,17
Non Plus Ultra	16,3	16,8	14,6	15,9	1,16
Begodur	41,2	42,3	38,0	40,5	2,23
Duroc	38,4	40,0	43,7	40,7	2,71
Giludur	36,6	35,9	35,2	35,9	0,70
Moldano	31,7	32,4	35,1	33,1	1,80
Rapidur	57,8	60,0	62,2	60,0	1,97
SR-Ivocap	34,9	36,6	34,7	35,5	1,22
Wipogranit	23,9	22,9	22,1	23,0	0,90
Alphadur	48,8	49,6	49,4	49,3	0,42
Gilstone	52,3	47,7	51,4	50,4	2,61
Moldaroc	40,3	42,6	42,7	41,9	1,11
Tewestone	51,6	45,9	50,5	49,3	3,02
Vel-Mix-Stone	50,7	52,8	47,0	50,2	2,94

3.3.2.2. Tabelle 7: Kleine Probekörper

Gipssorte	Probekörpernummer			Mittelwert	Standardabweichung
	I	II	III		
Giluplaster	25,4	23,9	27,3	25,5	1,70
Moldabaster	22,6	21,0	21,8	21,8	0,80
Non Plus Ultra	29,3	28,2	26,6	28,0	1,36
Begodur	50,5	49,9	48,9	49,7	0,81
Duroc	53,2	54,0	54,0	53,7	0,46
Giludur	53,6	45,6	53,0	50,7	4,46
Moldano	48,2	43,1	42,7	44,6	3,07
Rapidur	77,8	72,5	83,6	77,9	5,55
SR-Ivocap	44,1	39,8	40,0	41,3	2,43
Wipogranit	44,2	47,1	47,2	46,1	1,70
Alphadur	58,7	64,6	64,2	62,5	3,30
Gilstone	61,7	60,7	58,2	60,2	1,80
Moldaroc	53,6	48,6	54,4	52,2	3,14
Tewestone	65,1	61,8	69,5	65,4	3,86
Vel-Mix-Stone	69,5	66,1	62,6	66,0	3,45

3.3.3. Härte in $\frac{N}{mm^2}$

3.3.3.1. Tabelle 8: Probekörper nach DIN 13911

Gipssorte	P r o b e k ö r p e r n u m m e r					
	I		II		III	
	1.SF	2.SF	1.SF	2.SF	1.SF	2.SF
Giluplaster	24,8	27,5	25,3	27,8	27,3	26,6
	24,6	27,5	26,2	27,5	25,3	29,3
	25,4	26,8	25,9	27,3	29,0	27,6
Moldabaster	30,4	26,4	28,2	25,9	27,7	26,8
	26,4	28,8	29,1	26,9	26,2	29,2
	28,6	31,1	29,3	28,7	25,7	30,4
Non Plus Ultra	28,6	29,1	27,0	32,2	27,9	31,5
	30,8	27,2	28,8	29,0	29,3	31,4
	32,2	29,5	30,9	31,9	32,4	29,4
Begodur	76,4	83,5	87,7	85,8	85,2	80,0
	72,0	91,5	84,4	80,9	82,4	88,8
	68,3	75,8	87,2	87,0	73,2	82,6
Duroc	83,5	64,8	82,6	71,9	79,0	70,2
	64,8	67,9	74,3	70,0	75,5	63,9
	60,3	69,4	80,1	78,1	76,0	71,4
Giludur	57,6	60,1	66,9	50,6	55,9	51,9
	55,4	53,3	69,4	63,0	68,0	67,6
	50,9	58,9	55,9	55,1	69,3	68,5
Moldano	75,8	64,8	56,8	63,5	66,8	62,5
	74,4	78,9	74,0	59,4	62,2	68,5
	72,2	73,0	71,0	61,5	62,2	77,2
Rapidur	84,7	81,3	92,4	91,8	83,3	109,0
	91,3	87,4	92,9	106,2	88,1	103,9
	94,6	89,7	108,3	111,0	82,3	84,9
SR-Ivocap	76,3	66,6	78,9	82,4	69,1	83,6
	85,8	73,2	71,9	80,2	70,3	73,5
	73,5	72,7	78,5	67,3	68,5	80,6
Wipogranit	40,8	48,7	51,4	43,1	47,2	46,0
	50,9	43,0	44,2	45,4	47,2	45,9
	47,6	40,8	47,7	45,9	46,1	46,2
Alphadur	110,0	105,5	102,0	87,2	78,9	103,4
	93,5	106,2	106,2	83,0	71,9	100,7
	102,7	102,7	94,7	97,6	89,7	96,4
Gilstone	117,4	124,0	147,3	118,8	113,1	110,7
	124,3	132,0	141,6	113,1	126,9	149,3
	135,8	127,4	140,7	143,1	129,0	141,3
Moldaroc	124,6	128,0	130,1	134,6	107,0	102,7
	125,8	122,0	137,0	135,8	105,5	107,0
	127,7	129,0	107,7	106,4	122,0	112,3
Tewestone	99,4	92,9	111,4	122,3	121,0	102,7
	99,1	131,2	121,5	115,5	128,2	102,7
	102,7	129,3	97,2	103,5	123,4	123,4
Vel-Mix-Stone	105,1	114,0	134,6	93,9	99,7	106,2
	117,7	122,9	121,2	130,1	97,6	129,7
	97,9	107,7	122,3	110,7	118,3	118,2

Gipssorte	Mittelwert	Standardabweichung
Giluplaster	26,8	1,35
Moldabaster	28,1	1,67
Non Plus Ultra	30,0	1,75
Begodur	81,8	6,39
Duroc	72,4	6,70
Giludur	59,9	6,83
Moldano	68,0	6,70
Rapidur	93,5	9,87
SR-Ivocap	75,2	5,86
Wipogranit	46,0	2,91
Alphadur	96,3	10,48
Gilstone	129,8	12,30
Moldaroc	120,3	11,79
Tewestone	112,6	12,63
Vel-Mix-Stone	113,8	12,14

3.3.3.2. Tabelle 9: Kleine Probekörper

Gipssorte	Probekörpernummer					
	I		II		III	
	1.SF	2.SF	1.SF	2.SF	1.SF	2.SF
Giluplaster	40,5	41,5	43,6	35,7	38,0	37,4
	44,3	44,9	45,6	40,7	39,0	45,6
	47,6	45,1	46,3	44,9	41,9	47,9
Moldabaster	32,0	34,6	34,6	33,7	32,7	29,4
	35,3	36,0	37,4	39,0	37,8	34,6
	39,9	42,4	39,4	39,1	39,8	37,8
Non Plus Ultra	48,4	46,3	48,1	44,2	45,3	42,5
	62,7	54,4	48,0	50,6	54,4	49,8
	59,3	58,0	57,8	57,8	57,1	56,1
Begodur	89,2	87,8	98,1	99,1	98,1	105,6
	98,8	91,6	118,2	118,1	114,8	119,1
	129,0	120,1	130,1	135,9	121,9	132,3
Duroc	106,7	110,1	118,3	119,2	109,2	121,6
	113,1	131,2	135,8	128,0	127,7	147,3
	145,9	156,1	130,1	132,9	145,9	151,0
Giludur	143,1	130,0	130,1	132,2	155,9	131,0
	185,9	144,6	169,7	187,6	179,5	153,2
	195,2	171,0	171,9	190,4	195,2	160,2
Moldano	134,6	109,4	115,7	131,9	102,6	108,2
	159,3	135,8	139,4	151,6	131,2	133,4
	154,6	153,1	147,7	151,6	139,4	146,9
Rapidur	130,7	161,0	155,9	171,6	170,4	135,5
	216,8	195,2	207,8	202,8	200,2	160,1
	219,2	205,2	236,3	219,9	249,2	211,0
SR-Ivocap	118,0	107,7	120,1	106,2	121,0	119,6
	139,4	135,8	145,9	138,2	118,3	126,9
	146,9	131,2	153,5	145,9	141,9	139,4
Wipogranit	92,9	86,3	89,2	92,2	90,8	97,6
	97,6	97,0	110,0	105,5	90,8	90,8
	101,4	106,2	110,0	104,1	89,8	104,1
Alphadur	131,0	134,8	156,1	155,2	166,1	161,0
	200,2	185,9	195,2	192,8	195,2	185,9
	208,2	219,9	216,8	208,2	192,8	200,2
Gilstone	139,4	130,1	168,1	139,4	165,4	130,0
	161,0	154,1	196,8	195,2	201,8	153,4
	197,6	200,2	229,6	231,8	223,0	184,3
Moldaroc	171,5	151,6	133,9	141,6	154,6	161,0
	179,5	195,2	162,6	166,1	203,9	185,9
	183,7	216,8	183,7	181,5	200,2	216,8
Tewestone	112,6	141,0	131,2	146,1	115,1	152,8
	151,9	209,6	175,9	196,8	161,6	196,8
	177,9	216,8	202,8	213,9	202,8	230,2
Vel-Mix-Stone	159,7	142,3	143,2	163,5	141,2	144,6
	202,2	171,0	230,2	233,0	208,2	175,4
	216,8	167,9	226,3	208,2	195,2	195,2

SF = Seitenfläche

Gipssorte	Mittelwert	Standardabweichung
Giluplaster	39,5	2,93
	43,4	2,81
	45,6	2,20
Moldabaster	32,8	1,97
	36,7	1,66
	39,7	1,51
Non Plus Ultra	45,8	2,28
	53,3	5,26
	57,7	1,06
Begodur	96,3	6,69
	110,1	11,85
	128,2	6,09
Duroc	114,2	6,24
	133,9	7,27
	143,7	10,18
Giludur	137,1	10,49
	170,1	17,78
	180,7	14,88
Moldano	117,1	13,24
	141,8	11,20
	147,2	7,43
Rapidur	154,2	17,41
	197,2	19,58
	223,5	16,41
SR-Ivocap	115,4	6,66
	134,1	9,88
	143,1	7,58
Wipogranit	91,5	3,81
	98,6	7,78
	102,6	6,89
Alphadur	150,7	14,38
	192,5	5,68
	207,7	10,10
Gilstone	145,4	17,08
	177,1	23,13
	211,1	19,66
Moldaroc	152,4	13,44
	182,2	16,15
	197,1	16,66
Tewestone	133,1	16,54
	182,1	22,62
	207,4	17,68
Vel-Mix-Stone	149,1	9,83
	203,3	26,28
	201,6	20,50

3.4. Zusammenfassung der Ergebnisse

3.4.1. Graphische Darstellungen

Die erste Säule stellt jeweils den Mittelwert der Eigenschaft der großen Probekörper dar, die zweite den Mittelwert der kleinen Probekörper.

Die horizontalen Linien bezeichnen die Mindestanforderungen nach DIN 13911 im Bereich des jeweiligen Typs.

N = Naturgips, S = Synthetikkips

3.4.1.1. Biegezugfestigkeit

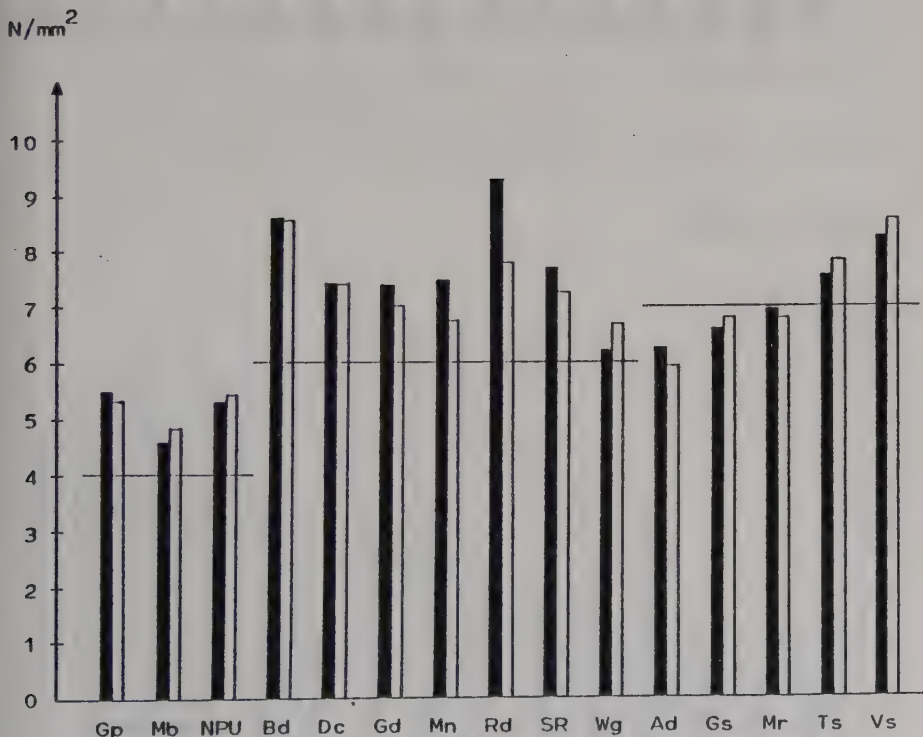


Abb. 12: Biegezugfestigkeit in N/mm^2

3.4.1.2. Druckfestigkeit

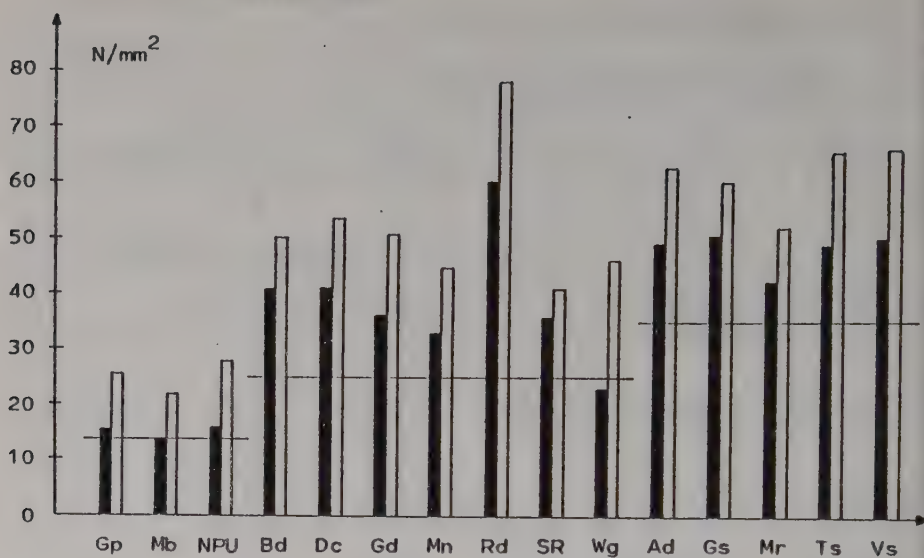


Abb. 13: Druckfestigkeit in N/mm^2

3.4.1.3. Härte

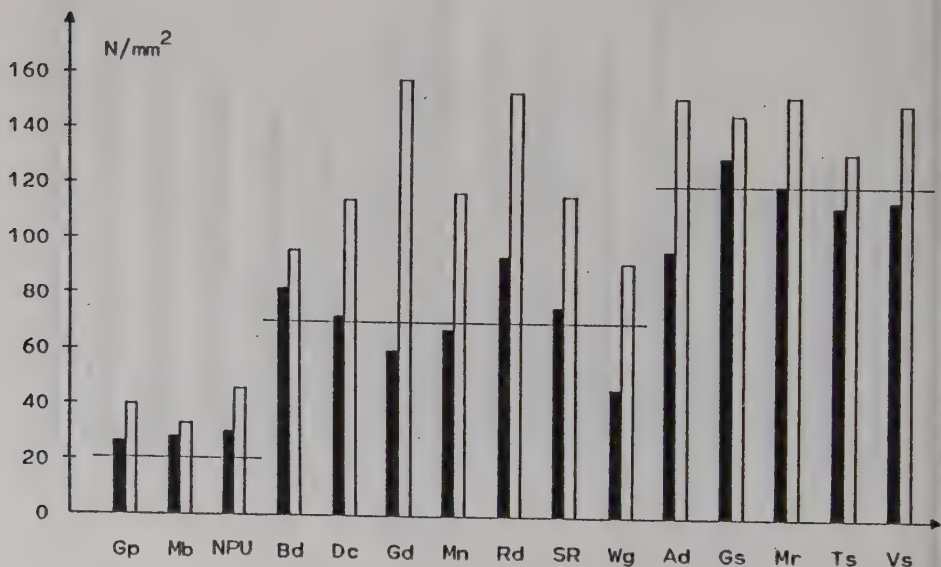


Abb. 14: Härte in N/mm^2

3.4.2. Synoptische Betrachtung

Tabelle 12: Mindestanforderungen nach DIN 13911

Typ	Biegezugfestig- keit nach 24 h N / mm ²	Druckfestigkeit nach 24 h N / mm ²	Härte nach 24 h N / mm ²
I	-	-	-
II	4	14	20
III	6	25	70
IV	7	35	120

Tabelle 13: Bewertung nach den Mindestanforderungen

Gipssorte	Biegezug- festigkeit	Druckfestig- keit	Härte
Giluplaster	+	+	+
Moldabaster	+	o	+
Non Plus Ultra	+	+	+
Begodur	+	+	+
Duroc	+	+	o
Giludur	+	+	-
Moldano	+	+	o
Rapidur	+	+	+
SR-Ivocap	+	+	+
Wipogranit	o	o	-
Alphadur	-	+	-
Gilstone	-	+	+
Moldaroc	o	+	o
Tewestone	+	+	-
Vel-Mix-Stone	+	+	-

+ = Mindestanforderungen nach DIN 13911 erfüllt

- = " " " " nicht erfüllt

o = Der Wert liegt im Grenzbereich

4. DISKUSSION

In der vorliegenden Arbeit wurden 15 Natur- und Synthetikkipse nach der DIN 13911 auf Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Härte untersucht.

4.1. Diskussion der Ergebnisse

4.1.1. Biegezugfestigkeit

Die Modellgipse erfüllen mühelos die Anforderungen der DIN 13911. Die Hartgipse liegen ebenfalls über den geforderten Mindestwerten. Bei ihnen findet sich der Gips mit der größten Bruchfestigkeit (Rapidur). Die Mehrzahl der Stonegipse genügt nicht den Anforderungen. Eine Über- oder Unterlegenheit der Natur- oder Synthetikkipse läßt sich aus den Ergebnissen nicht ablesen. Das Anrühren mit oder ohne Vakuum hat auf die Biegezugfestigkeit keinen entscheidenden Einfluß.

4.1.2. Druckfestigkeit

Die geforderten Werte werden von fast allen Gipsen erfüllt. Ausnahmen machen lediglich Moldabaster und Wipogranit. Auffällig ist die fast konstant um 34% erhöhte Druckfestigkeit bei der zweiten Versuchsreihe mit den kleinen Probekörpern. Als Ursache kommen das Evakuieren des Gipsbreies und die geringere Höhe der Probekörper in Betracht. Nach SIEBEL [zitiert aus Weikart (29)] wird mit zunehmender Höhe des Probekörpers bei gleichbleibendem Querschnitt die Druckfestigkeit geringer. Steigt die Probenhöhe um mehr als das Dreifache des Durchmessers, ist mit einer Störung des Versuchs durch Ausknicken der Probe zu rechnen. Es ist unbekannt, welcher Anteil an den 34% Druckfestigkeitssteigerung dem Anrühren unter Vakuum zuzuschreiben ist, und in welchem Maß die Probekörperhöhe Einfluß nimmt. Dies könnte nur im Rahmen einer eigenen Untersuchung geklärt werden. Ein auffälliger Unterschied zwischen Synthetik- und Naturgipsen konnte nicht festgestellt werden.

4.1.3. Härte

Die Modellgipse entsprechen den Anforderungen der DIN 13911, während die Hartgipse und Stonegipse je zur Hälfte die Mindestwerte nicht erreichen. Durch Evakuieren des Gipsbreies bei den kleinen Probekörpern wird eine durchschnittlich 45%-ige Härtesteigerung erreicht, die allerdings - im Gegensatz zur Druckfestigkeit - von Gips zu Gips stark variiert. Weiterhin ist bei jedem Gips eine Härtezunahme vom ersten bis zum dritten Meßpunkt jeder Seitenfläche zu beobachten. Beim zweiten Kugeleindruck beträgt sie 23% und beim dritten Kugелеindruck weitere 9%. Bei den großen Probekörpern tritt keine derartige Härtesteigerung ein. Daraus kann man schließen, daß bei den kleinen Probekörpern die Kugелеindrücke mit 1 cm Abstand so eng beieinanderliegen, daß sie sich gegenseitig beeinflussen. Durch Auslassen des mittleren Eindruckpunktes kann der Abstand zu den beiden seitlichen Meßpunkten wie bei den großen Probekörpern auf 2 cm ausgedehnt werden, so daß dann keine Beeinflussung mehr zu erwarten ist. Diese Annahme konnte durch zusätzliche Untersuchungen bestätigt werden. Auch die Härteprüfung ließ keine Über- oder Unterlegenheit von Natur- oder Synthetigipsen erkennen.

4.2. Diskussion der DIN 13911 auf Grund eigener Erfahrung

Die Gipsnorm 13911, im April 1976 erschienen, hat im Interesse des Verbrauchers und des Herstellers den Zweck, unter reproduzierbaren Prüfungsbedingungen für jeden der vier Gips-typen Mindestanforderungen festzulegen, damit der Verbraucher für den jeweiligen Verwendungszweck den optimalen Gips auswählen kann. Dem Hersteller ist damit ein Qualitätsmaßstab für seine Produkte in die Hand gegeben.

Um diesen Zweck zu erfüllen, ist es besonders wichtig, die Versuchsbedingungen bei der Prüfung den Verarbeitungsbedingungen in der Praxis weitmöglichst anzugleichen, ohne allerdings die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu beeinträchtigen. Bei der Biegezug- und Druckfestigkeitsprüfung verweist die DIN 13911 mehrmals auf die DIN 1164, die die Festigkeitsbestimmung für Portland-, Eisenportland-,

Hochofen- und Traßzement beinhaltet. Das mag wohl der Grund sein, daß einige Prüfungsbedingungen nicht den Gegebenheiten in Praxis und Labor entsprechen.

Zur Verbesserung der DIN 13911 schlagen wir Modifikationen bzw. Ergänzungen zu folgenden Punkten vor:

4.2.1. Probekörpermaße und Belastungsanordnungen

Eine Reduktion der Probekörpermaße auf die Hälfte hat folgende Vorteile:

- a) Ermöglichung des Anrührens unter Vakuum
- b) Ermöglichung des Einrüttelns unter praxisnahen Bedingungen auf einem handelsüblichen Rüttler

zu a) Vakuumanrührbecher für handelsübliche Anmischgeräte gibt es nur bis zu einem Liter Inhalt. Für mindestens 1600 cm^3 Inhalt, wie es zur Füllung der drei Probekörperformen nach DIN 13911 erforderlich ist, steht lediglich ein Anrührtopf (Fa. Herbst) ohne Evakuiermöglichkeit zur Verfügung.

zu b) Selbst bei teilweise aus Hartaluminium bestehender Probekörperschablone ist wegen des zu großen Gewichtes ein Einrütteln des Gipsbreies in die Form auch auf größeren Rüttlern der Dentalbranche nicht möglich. Aus diesem Grund mußte ein Rüttler der Baustofftechnik, mit abweichender Schwingungsfrequenz und Amplitude, verwendet werden. Dies widerspricht der Forderung nach Praxisbezogenheit.

Die Reduktion der Probekörper bringt folgende analoge Änderungen der Belastungsanordnungen mit sich:

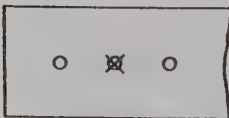


Abb. 15: Lage der Meßpunkte bei der Härteprüfung nach eigenem Vorschlag.

- 1) Biegezugfestigkeit: siehe 3.2.3.1.2.1.
- 2) Druckfestigkeit: siehe 3.2.3.2.2.1.
- 3) Härte: Da sich die Meßpunkte der Härteprüfung bei den kleinen Probekörpern wegen des zu geringen Abstands gegenseitig beeinflussen, schlagen wir zwei Meßpunkte im Abstand von 2 cm zueinander auf der Längsachse der Seitenfläche vor.

4.2.2. Dosierung nach Herstellerangabe

Um die Prüfungsbedingungen und die Praxisverarbeitung besser zu koordinieren, empfehlen wir das vom Hersteller angegebene Wasser/Gips-Verhältnis. Es wird kaum eine Praxis oder ein Labor die Standardkonsistenzbestimmung seiner Gipse durchführen, sondern sich allenfalls nach den Herstellerangaben richten. Diese Angabe sollte daher in den Versuchsbedingungen der Prüfungsnormen berücksichtigt werden. Im Übrigen liegt es schon im Eigeninteresse der Hersteller, ein Mischungsverhältnis zu empfehlen, das optimale Eigenschaften seines Gipses garantiert.

4.2.3. Anmischen unter Vakuum

Ein Anmischen unter Vakuum halten wir aus folgenden Gründen für vorteilhaft:

- a) Wie aus den Abbildungen 13 und 14 ersichtlich, bewirkt das Anmischen unter Vakuum eine Steigerung der Druckfestigkeit und Härte.
- b) Zusätzlich wird die Streuung der Härtewerte verringert.
- c) Es entsteht kein zusätzlicher zeitlicher und apparativer Aufwand gegenüber dem maschinellen Anrühren ohne Vakuum.

4.2.4. Lagerung der Probekörper

Nach dem Entformen sollen die Probekörper bis zur Messung mit der Bodenfläche nach unten gelagert werden. Die DIN 13911 macht hierüber keine Vorschrift.

4.2.5. Erhöhung der Anforderungen für Druckfestigkeit und Härte

Die Mindestwerte für die Druckfestigkeit können bei Berücksichtigung unserer Vorschläge folgendermaßen erhöht werden, ohne daß einer der untersuchten Gipse diese Anforderungen nicht erfüllen würde:

bei Modellgipsen von 14 N/mm^2 auf 20 N/mm^2 ,
bei Hartgipsen von 25 N/mm^2 auf 40 N/mm^2 und
bei Stonegipsen von 35 N/mm^2 auf 50 N/mm^2 .

Analog dazu können die Grenzen bei der Härte angehoben werden:

bei Modellgipsen von 20 N/mm^2 auf 30 N/mm^2 ,
bei Hartgipsen von 70 N/mm^2 auf 90 N/mm^2 und
bei Stonegipsen von 120 N/mm^2 auf 140 N/mm^2 .

4.2.6. Ergänzung der Härteprüfungsbedingungen

In die Härteprüfungsbestimmungen sollte entweder ein Verweis auf die DIN 50331, Abschnitt 6, oder folgender Passus aufgenommen werden: "Der Durchmesser des Kugeleindrucks d soll zwischen 0,2 und 0,7 des Kugeldurchmessers D betragen". Außerhalb dieses Rahmens kommt es nämlich zu Meßungenauigkeiten, was der sprunghafte Anstieg der Standardabweichung bei Gipsen mit hoher Härte erkennen läßt. Diese Forderung kann durch Veränderung der Prüfkraft oder des Kugeldurchmessers erfüllt werden. Wir schlagen deshalb eine Erhöhung der Prüfkraft F_1 oder Verringerung des Kugeldurchmessers D vor, anstelle der starren Festlegung auf 50 kp Prüfkraft und 10 mm Kugeldurchmesser.

4.2.7. Streichung des ersten Abschnittes in den Erläuterungen zu DIN 13911

Im ersten Abschnitt in den Erläuterungen der DIN 13911 wird erklärt, daß jeder Gipstyp seinen eigenen Umrechnungsfaktor von der jeweiligen Härte zur Biegezug- und Druckfestigkeit hat. Voraussetzung ist, daß für alle drei Prüfungen die gleichen Probekörper benützt werden. Nach Berechnung dieser Faktoren könnten die Biegezug- und Druckfestigkeitsprüfungen entfallen.

Dieser Annahme widersprechen die Versuchsergebnisse. Ein analoges Verhalten von Härte und Biegezugfestigkeit ist ausgeschlossen. Zwischen Härte und Druckfestigkeit kann man nur näherungsweise ein analoges Verhalten beobachten. HÄNEL (15) und BILLEB (4) machten bereits 1976 auf diese Zusammenhänge aufmerksam.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden 3 Modellgipse, 7 Hartgipse und 5 Stonegipse in einer vergleichenden Untersuchung auf Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Härte nach der DIN 13911 geprüft. Es wurde insbesondere darauf geachtet, ob die neuerdings auf dem Dentalmarkt stark vertretenen Synthetikgipse den herkömmlichen Naturgipsen überlegen, gleichwertig oder unterlegen sind. Weiterhin wurde untersucht, inwieweit sich die im April 1976 erschienene DIN 13911 'Zahnärztliche Werkstoffe, Gips, Anforderungen, Prüfungen' (6) bewährt.

Die Biegezugfestigkeitsprüfung haben 3 Stonegipse nicht bestanden. Je ein Modellgips und ein Hartgips fielen durch die Druckfestigkeitsprüfung. Die Mindestwerte für die Härte konnten Hartgipse und Stonegipse je zur Hälfte nicht erreichen.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Natur- und Synthetikgipsen innerhalb der jeweiligen Klasse besteht nicht. Keiner der Gipse konnte den Anforderungen in allen 3 Prüfungen gerecht werden.

Die DIN 13911 ist als Prüfungsvorschrift für Biegezugfestigkeit, Druckfestigkeit und Härte eine kompetente Grundlage. Auf Grund eigener Erfahrung schlagen wir folgende Modifikationen bzw. Ergänzungen vor:

1. Reduktion der Probekörpermaße um die Hälfte mit analoger Veränderung der Belastungsanordnungen
2. Wasser/Gips-Verhältnis nach Herstellerangabe
3. Anmischen unter Vakuum
4. Lagerung der Probekörper bis zur Messung mit der Bodenfläche nach unten
5. Erhöhung der Anforderungen bei Berücksichtigung der Punkte 1 und 3 bei den einzelnen Klassen für die Druckfestigkeit auf mindestens 20, 40 bzw. 50 N/mm² und für die Härte auf mindestens 30, 90 bzw. 140 N/mm².

6. Ergänzung der Härteprüfungen durch den Passus, daß der Durchmesser des Kugeleindrucks zwischen 0,2 und 0,7 des Kugeldurchmessers betragen soll.
7. Streichung des ersten Abschnitts in den Erläuterungen zur DIN 13911.

Diese Vorschläge wurden begründet und ihre Durchführbarkeit bewiesen, indem alle Prüfungen nach diesen Vorschlägen modifiziert nochmals durchgeführt wurden.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. Bedienungsanleitung der Fa. Mohr und Federhaff AG, Mannheim, für Baustoff-Prüfmaschine Type BPP 60
2. Bedienungsanleitung der Fa. Zwick und Co., Ulm, für
 - a) Kugeldruck-Härteprüfer Z 426
 - b) Zugprüfmaschine Nr. 1441
3. Bedienungsanleitung der Fa. Curt Weissgerber, Frankfurt, für Biegezugfestigkeitsprüfer Nr. 995
4. Billeb, J.: Experimentelle Untersuchung über den Zusammenhang zwischen Druckfestigkeit und Kugeldruckhärte bei verschiedenen Dentalgipsen. Med.Diss. Mainz 1976
5. Coombe, E.C.; Smith, D.C.: Some properties of gypsum plasters. Brit.dent.J. 117, 237 (1964)
6. Deutscher Normenausschuß: DIN 13911, Zahnärztliche Werkstoffe: Gips. Beuth Verlag, Berlin/Köln 1976
7. Deutscher Normenausschuß: DIN 1164, Teil 7, Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement: Bestimmung der Festigkeit. Beuth Verlag, Berlin/Köln 1970
8. Deutscher Normenausschuß: DIN 50351, Härteprüfung nach BRINELL. Beuth Verlag, Berlin/Köln 1973
9. Dreyer-Jørgensen, K.P.: Untersuchungen über Härte und Kompressibilität des Modellgipses. Tandlaegebladet 55, 555 (1951)
10. Dreyer-Jørgensen, K.P.; Kono, A.: Relationship between the porosity and compressive strength of dental stone. Acta odont.scand. 29, H.4, 439 (1971)
11. Earnshaw, R.; Smith, D.C.: The tensile and compressive strength of plaster and stone. Aust.dent.J. 11, 415 (1966)
12. Fairhurst, C.W.: Compressive properties of dental gypsum. J.Dent.Res. 39, 812 (1960)
13. Finger, W.; Lockowandt, P.: Härtebestimmung an zahnärztlichen Modellmaterialien. Dtsch.zahnärztl.Z. 26, H.12, 1216 (1971)
14. Franz, G.: Zur Frage der Weiterverarbeitung eines Abdrucks. Dental-labor 24, 1359 (1976)
15. Hänel, R.: Zusammenhänge zwischen Druckfestigkeit, Biegezugfestigkeit und Kugeldruckhärte verschiedener Dentalgipse in Abhängigkeit von Mischtechnik und Lagerung. Med.Diss. Mainz 1976

16. Hennike, A.: Grundsätze bei der Untersuchung zahnärztlicher Werkstoffe vom Gesichtspunkt der Werkstoffprüfung und der Alltagspraxis aus; unter Berücksichtigung des Dimensionsverhaltens besonders der Abform- und Modellmassen. Zahnärztl.Rdsch. 10, 289 (1960)
17. Hosoda, H.; Otoni, H.; Hirano, T.; Fusayama, T.: Measurement and reinforcement of the superficial hardness of indirect stone models. J.Dent.Res. 41, H.4, 752 (1962)
18. Iken, H.W.; Lackner, R.R.; Zimmer, U.P.: Handbuch der Betonprüfung. Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf 1973
19. Lenz, E.: Prüfung der Modellherstellung für festsitzenden Zahnersatz. Dtsch.Stomat. 19, 90 (1969)
20. von Merkat, H.E.: Vergleichende Werkstoffprüfung zahnärztlicher Gipse nach der ADA Spezifikation Nr. 25. Med.Diss. Tübingen 1975
21. Overberger, J.E.; Samay, H.: Strength of dental stone. Dental Abstracts 13, 536 (1968)
22. Peyton, F.A.; Leibold, J.P.; Ridgley, G.V.: Surface hardness, compressive strength and abrasion resistance of indirect die stones. J.prosth.Dent. 2, 381 (1952)
23. Rehberg, H.J.: Untersuchungen über die Härte des Gipses, insbesondere nach Hitzeeinwirkung. Zahnärztl.Rsch. 59, 364 (1954)
24. Rehberg, H.J.; Becherer, G.: Die Bedingtheit der Härte des Gipses und ihre physikalische Bedeutung. Dtsch. zahnärztl.Z. 9, 488 (1954)
25. Ries, W.: Doktorandenfibel für Mediziner und Zahnmediziner. J.A. Barth Verlag, Leipzig 1968
26. Salamon, D.E.: Experimentelle Untersuchungen über die Druckfestigkeit und Kugeldruckhärte verschiedener Hart- und Spezialhartgipse. Med.Diss. Mainz 1970
27. Schwindling, R.; Genieser, H.: Volumenverhalten, Härte und Bruchfestigkeit neuerer zahnärztlicher Hartgipse. Dtsch.Zahn-,Mund-u.Kieferheilk. 37, 317 (1962)
28. el Tannir, M.D.; Imam, H.F.: Effect of soaking on the physical properties of plaster. J.Dent.Res. 48, H.3, 423 (1969)
29. Weikart, P.: Werkstoffkunde für Zahnärzte, Carl Hanser Verlag, München 1966
30. Weikart, P.: Zur Frage der Prüfungsvorschriften für zahnärztliche Werkstoffe. Dtsch.zahnärztl.Z. 4, 1550 (1949)

31. Welker, D.: Untersuchungen über die Verarbeitung von Modellgips und den Wert ihrer Standardisierung. Stomatologia (DDR) 24, 503 (1974)
32. Wirz, J.; Castagnola, L.; Gilomen, H.: Werkstoffliche Untersuchungen von zahnärztlichen Hart- und Spezialhartgipsen. Schweiz.Mschr.Zahnheilk. 86, 977 (1976)

Zahnärztliche Werkstoffe

Gips

Anforderungen Prüfung

DIN

13 911

Dental materials; gypsum; requirements, testing

Zusammenhang mit der von der International Organization for Standardization (ISO) begonnenen Arbeit siehe Erläuterungen.

Nach der „Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen“ vom 26. Juni 1970 dürfen die bisher üblichen Krafteinheiten Kilopond (kp) und Megapond (Mp) nur noch bis zum 31. Dezember 1977 im amtlichen und geschäftlichen Verkehr verwendet werden. Bei der Umstellung auf die gesetzliche Krafteinheit Newton (N) (1 kp = 9,80665 N) sind im Rahmen des Anwendungsbereichs dieser Norm für 1 kp = 0,01 kN, für 1 Mp = 10 kN und für 1 kp/cm² = 0,1 MN/m² = 0,1 N/mm² zu setzen, wobei 1 MN/m² = 1 N/mm² ist. Diese Angaben sind im Text vorliegender Norm in Klammern hinzugefügt.

Maße in mm

1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für Gipse, die für die Abdrucknahme sowie zum Herstellen von Modellen und Formen verwendet werden.

2 Zweck

Der Zweck dieser Norm ist es, im Interesse des Verbrauchers und Herstellers einheitliche Anforderungen festzulegen, damit eine reproduzierbare Mindestqualität von Gipsen erreicht wird.

3 Begriff

Gips als zahnärztlicher Werkstoff ist ein aus einem fein pulverisierten Calciumsulfat-Hemihydrat (Plaster) und den notwendigen Stilmitteln zusammengesetztes Material.

Anmerkung: Nach DIN 1168 sind Stilmittel Stoffe, die die Eigenschaften des Gipses, z. B. die Konsistenz, die Expansion, die Härte oder die Verfestigungszeit in der gewünschten Weise beeinflussen.

4 Typeneinteilung

Die Gipse werden in folgende Typen eingeteilt:

- Typ I Abdruckgips
- Typ II Alabastergips
- Typ III Hartgips
- Typ IV Hartgips, extrahart (Stone)

5 Anforderungen

5.1 Einheitlichkeit

Der Gips soll eine einheitliche Zusammensetzung aufweisen und frei von Verunreinigungen sowie von abgebundenen Bestandteilen (Klumpen) sein.

5.2 Farbe

- | | |
|------------------------------------|---------------|
| Typ I Abdruckgips | rosa |
| Typ II Alabastergips | weiß |
| Typ III Hartgips | pastellfarben |
| Typ IV Hartgips, extrahart (Stone) | oder weiß |

5.3 Gewebefreundlichkeit

Gips nach Typ I darf bei Kontakt mit dem Mundgewebe keine Schädigung der Mundschleimhaut hervorrufen.

Anmerkung: Nach Vorliegen spezieller Toxizitätsprüfungen ist vorgesehen, sie in die Norm aufzunehmen.

5.4 Geruch und Geschmack

Geruchs- oder Geschmacksstoffe dürfen zugesetzt werden. Die Gipse dürfen keinen unangenehmen Geruch und Typ I darf außerdem keinen unangenehmen Geschmack haben.

5.5 Physikalische Eigenschaften

Die Abbindeexpansion, die Druckfestigkeit, die Biegezugfestigkeit und die Härte sollen den in Tabelle 2 genannten Eigenschaften entsprechen.

5.5.1 Detailwiedergabe und Fließfähigkeit

Die Gipse der Typen I, III und IV müssen eine Stufe von (0,02 + 0,005) mm wiedergeben, wenn sie entsprechend den in den Abschnitten 6.1, 6.2, 6.3 und 6.6 dargelegten Verfahren hergestellt werden. Der Gips gilt als fließfähig, wenn er die Stufe von 0,02 mm ununterbrochen wiedergibt.

5.5.2 Erstarrungsende

Das Erstarrungsende, geprüft nach Abschnitt 6.7.1 mit dem unter Abschnitt 6.3.1 angegebenen Wasser-Pulver-Verhältnis, soll nicht mehr als $\pm 20\%$ von dem vom Hersteller genannten Erstarrungsende abweichen.

6 Prüfung

6.1 Allgemeine Angaben

Zum Mischen des Gipsbreies wird destilliertes Wasser von (23 $\pm$ 1) °C verwendet.

Spuren von Gips können die Prüfungsergebnisse verfälschen. Die Geräte sind daher nach Gebrauch gründlich zu reinigen und zu trocknen. Das Klima während der Lagerung und Prüfung soll Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1. Prüfklima (Normalklima 23/50 – 1 DIN 50 014)

Kurzzeichen	Temperatur		relative Luftfeuchte	
	Nennwert °C	zul. Abw. K	Nennwert %	zul. Abw. %
23/50	23	± 1	50	± 3

Fortsetzung Seite 2 bis 6
Erläuterungen Seite 6

Fachnormenausschuß Dental im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Fachnormenausschuß Materialprüfung (FNM) im DIN

Vor der Prüfung sind die benötigten Geräte und der zu prüfende Gips mindestens 10 Stunden lang im Prüfklima zu lagern.

Die Prüfungen müssen vor dem Endverbrauchsdatum abgeschlossen sein.

6.2 Probenahme

Für die Durchführung der Prüfungen werden mindestens 8 kg Gips aus einer Charge benötigt. Die Art und Weise der Probenahme ist zu vereinbaren und im Prüfbericht anzugeben.

6.3 Probekörper

6.3.1 Dosierung: Wasser-Gips-Verhältnis

Für alle physikalischen Prüfungen werden Probekörper nach der ermittelten Standardkonsistenz dosiert und angemischt. Das Pulver ist vor jeder Prüfung sorgfältig zu mischen. Das zur Ermittlung der Standardkonsistenz benutzte Trinatriumcitrat (Abschnitt 6.5.2) dient nur zur Bestimmung des Wasser-Gips-Verhältnisses und wird in den weiteren Prüfungen nicht eingesetzt.

6.3.2 Mischen

Die Gipsmenge wird abgewogen und in das abgemessene destillierte Wasser eingestreut. Die Einstreudauer beträgt 10 Sekunden, die Sumpfdauer 20 Sekunden, sofern vom Hersteller nichts anderes angegeben wird.

Gemischt werden soll 30 Sekunden mit mechanischem Rührgerät (Becherinhalt 650 cm³). Im Prüfbericht soll das verwendete Gerät angegeben werden¹).

6.3.3 Verdichten der Probekörper

Falls eine Vibration verlangt wird, muß die Einrichtung DIN 1164 Teil 7, Ausgabe Juni 1970, Abschnitt 2.3.1 entsprechen (Schwingbreite 0,75 mm lotrecht, Schwingungsfrequenz 3000 je Minute) Die Vibrationsdauer beträgt – wenn nicht anders angegeben – 15 Sekunden.

6.4 Visuelle Prüfung

Die visuelle Prüfung ist für die Abschnitte 5.1, 5.2, 5.5.1 und 8 vorgesehen.

6.5 Bestimmung des Wasser-Gips-Verhältnisses zur Herstellung der Standardkonsistenz

6.5.1 Geräte

6.5.1.1 Eine Kugelfallvorrichtung, wie in Bild 1 dargestellt, oder ein ähnliches Gerät, das einer Polymethacrylatkugel von $(25 \pm 0,5)$ mm Durchmesser und $(10 \pm 0,3)$ g Gewicht erlaubt, frei in lotrechter Richtung aus einer Höhe von 250 mm zu fallen, ohne wahrnehmbare Eigendrehimpulse, Reibung oder andere Beschleunigung als beim freien Fall auftritt. Die Lichthöhe von 250 mm wird zwischen Kugel und Oberfläche des Gipses gemessen.

6.5.1.2 Ringform aus Kupfer-Zink-Legierung (Messing). Innerer Durchmesser 100 mm, innere Tiefe 25 mm.

6.5.1.3 Meßvorrichtung, mit der die Eindringtiefe der Polymethacrylatkugel in mm auf 0,1 mm gemessen werden kann, ohne daß ein Druck auf die Kugel ausgeübt wird.

6.5.2 Reagenzien

Trinatriumcitratdihydrat

6.5.3 Durchführung

120 ml Wasser werden in einen Anrührbecher gefüllt und 0,4 g Trinatriumcitrat als Verzögerer hinzugefügt. Danach wird umgerührt, bis das Trinatriumcitrat vollständig gelöst ist, dann 400 g Gips hinzugefügt und nach Abschnitt 6.3.2 gemischt. Die Ringform wird auf eine nichtporöse Platte gestellt, mit dem Gipsbrei gefüllt, 15 Sekunden lang vibriert und mit einem Spatel aus nichtrostendem Stahl glattgestrichen. Hohlräume, Poren oder Luftblasen sollen vermieden werden. Aus der Ruhelage wird die Polymethacrylatkugel ausgelöst, so daß sie in das Zentrum der Ringform fällt.

Dieser Vorgang wird an weiteren Mischungen mit unterschiedlichem Wasserzusatz wiederholt, bis eine Eindringtiefe von 12 bis 13 mm erreicht wird.

Prüfungsbeginn: 2 Minuten nach Einstreubeginn. Die maximale Prüfungszeit beträgt 3 Minuten. Wenn die geforderte Eindringtiefe erreicht worden ist, soll die Prüfung zur Bestätigung des Ergebnisses unter Benutzung des definierten Wasser-Gips-Verhältnisses ohne Trinatriumcitrat 2 Minuten nach Anmischbeginn wiederholt werden.

Die Wassermenge, die mit 400 g Gips gemischt die Eindringtiefe von 12 bis 13 mm hervorruft, soll als Standardkonsistenz notiert werden. Dieses Wasser-Gips-Verhältnis ohne Trinatriumcitrat soll für alle weiteren Prüfungen eingesetzt werden

Anmerkung: Das Trinatriumcitrat soll nur zur Bestimmung des Wasser-Gips-Verhältnisses eingesetzt werden.

6.6 Detailwiedergabe und Fließfähigkeit

6.6.1 Gerät

Prüfblock nach Bild 2 mit einer Stufe von $(0,02 + 0,005)$ mm Ring aus PVC von 25 mm Innendurchmesser und 25 mm Höhe.

6.6.2 Durchführung

Der mit 100 g Pulver nach Abschnitt 6.3 angerührte Gipsbrei wird in den Ring gegossen, der auf dem trockenen Prüfblock steht. Während des Eingießens soll der Prüfblock mit Ring etwa 5 Sekunden lang vibriert werden. Der mit Gips gefüllte Ring wird 30 Minuten nach dem Eingießen von dem Prüfblock entfernt.

6.6.3 Auswertung

Die 0,02 mm hohe Stufe muß sich ohne Unterbrechung über den gesamten Durchmesser der Gipscheibe fortsetzen. Die Detailwiedergabe soll nach Betrachten mit einer Lupe von etwa 6facher Vergrößerung bei Schräglicht beurteilt werden.

6.7 Physikalische Prüfungen

Alle Prüfungen sind unter Berücksichtigung der Abschnitte 6.1, 6.2 und 6.3 durchzuführen.

Bei den Ergebnissen der einzelnen Prüfungen am Probekörper soll ein Probekörper, dessen Wert mehr als 15 % nach unten vom Mittel sämtlicher Werte abweicht, durch zwei neue Probekörper ersetzt werden. Zeigen diese neuen Probekörper die gleichen Abweichungen, so ist die gesamte Prüfung zu wiederholen.

Liegt ein Wert unterhalb der in Tabelle 2 geforderten Werte, so ist die gesamte Prüfung zu wiederholen.

6.7.1 Erstarrungsende

6.7.1.1 Geräte

Nadelgerät	} nach DIN 1164 Teil 5, Ausgabe Juni 1970, Abschnitt 3.1
Hartgummiring	
Stoppuhr	

¹) Auskunft über Bezugsquellen erteilt FNA Dental, Westliche 56, 7530 Pforzheim.

Tabelle 2. Physikalische Eigenschaften

Typ	Lineare Abbindeexpansion nach 2 Stunden %	Biegezugfestigkeit nach 24 Stunden N/mm ²	Druckfestigkeit nach 24 Stunden N/mm ²	Härte nach 24 Stunden N/mm ²
	max.	min.	min.	min.
I	—	—	—	—
II	0,3	4	14	20
III	0,20	6	25	70
IV	0,15	7	35	120

6.7.1.2 Durchführung

Entsprechend den Abschnitten 6.1 bis 6.3 wird mit 400 g Gips ein Gipsbrei gemischt. Der Hartgummiring wird mit dem großen Durchmesser nach unten auf eine Spiegelglasplatte gestellt und mit dem Gipsbrei gefüllt. Die Vibrationsdauer nach Abschnitt 6.3.3 soll 15 Sekunden betragen. Die Oberseite der Form wird bündig abgestrichen.

Die Nadel wird auf die Oberfläche des Gipsbreis aufgesetzt und dann losgelassen. Die Eindringtiefe der Nadel wird nach beginnender Versteifung in Abständen von 15 Sekunden an verschiedenen Stellen gemessen. Der Abstand der einzelnen Einstiche voneinander und vom Rand des Hartgummirings darf nicht kleiner als 12 mm sein. Als Erstarrungsende gilt der Zeitpunkt, an dem die Nadel noch höchstens 2 mm in den erstarrten Gips eindringt.

Die Dauer bis zum Erstarrungsende wird vom Beginn des Einstreuens an gerechnet und als Mittel aus 3 Versuchen auf halbe Minuten gerundet angegeben.

6.7.2 Lineare Abbindeexpansion**6.7.2.1 Geräte**

Ein Extensometer nach Bild 3, bestehend aus einer V-förmigen, formstabilen, blankgezogenen, verwindungssteifen Rinne mit 90° Winkel aus nichtrostendem Stahl oder Aluminium, ausgekleidet mit Folie aus Polytetrafluoräthylen (PTFE).

Meßuhr nach DIN 878

Stopper aus Stahl nach Bild 3

Klemme für Stopper

6.7.2.2 Durchführung

Zur Durchführung werden 200 g Pulver nach den Abschnitten 6.1 bis 6.3 gemischt (Dosierung entsprechend der Standardkonsistenz) und sofort in das Extensometer eingerüttelt.

Der Stopper ist mit einer Klemmvorrichtung (z. B. einer Schraubzwinge oder Stahlklammer) auf die Meßlänge ($100 \pm 0,1$) mm zu fixieren. Nach der Vibration wird die Meßuhr auf den Stopper ausgerichtet und die Klemmvorrichtung gelöst. Die Oberfläche ist mit der Folie abzudecken (siehe Bild 3).

6.7.2.3 Auswertung

Die Ablesungen beginnen 2 Minuten nach Einstreubeginn (Meßbeginn) und erfolgen im Minutenabstand bis 20 Minuten nach Einstreubeginn, anschließend wird alle 10 Minuten bis 2 Stunden nach Einstreubeginn abgelesen.

Von jeder Materialsorte sind 3 Prüfungen durchzuführen. Der arithmetische Mittelwert dieser 3 Prüfungen soll als Kurve dargestellt werden. Der tiefste Punkt dieser Kurve ist der Nullwert, als Endwert zählt der Zweistundenwert. Die zwischen Nullwert und Endwert abgelesene Strecke in mm ergibt die lineare Abbindeexpansion in %. Weicht

Tabelle 3. Zeitplan für die Durchführung

Zeitplan	Dauer in Sekunden	
	jedes Vorganges	des Gesamtvorganges vom Einstreuen an
Einstreuen des Gipses in Wasser	10	10
Sumpfdauer	20	30
Rührdauer	30	60
Einbringdauer	15	75
Vibrationsdauer	15	90
Ausrichten der Meßuhr auf den festgesetzten Stopper	30	120
Klemmvorrichtung am Stopper lösen		
Meßbeginn nach 120 Sekunden		

ein Ergebnis mehr als 15 % vom Mittelwert ab, ist der Versuch zu wiederholen.

6.7.3 Biegezugfestigkeit

Die Biegezugfestigkeit wird in N/mm² bestimmt und nach DIN 1164 Teil 7, Ausgabe Juni 1970, Abschnitt 3.1, geprüft.

6.7.3.1 Probekörper

Drei Prismen mit den Maßen $(160 \pm 0,4)$ mm $\times$ $(40 \pm 0,1)$ mm $\times$ $(40 \pm 0,1)$ mm. Die Formen nach DIN 1164 Teil 7 bestehen aus Aluminium; ihre Wanddicke soll mindestens 10 mm betragen. Es ist kein Einfetten der Form nötig. Beim Einfüllen des Gipsbreis sollen die Formen 30 Sekunden lang vibriert werden (siehe Abschnitt 6.3.3). Die Oberfläche ist glattzustreichen.

6.7.3.2 Lagern der Probekörper

Nach dem Erstarrungsende werden die Probekörper an der Oberfläche markiert, frühestens 30 Minuten nach Einstreubeginn entformt und bei dem Prüfklima nach Tabelle 1 auf Aluminium- oder Kunststoff-Rosten bis zum Prüfungsbeginn gelagert.

6.7.3.3 Zeitpunkt für die Prüfung

24 Stunden nach Einstreubeginn.

6.7.3.4 Gerät

Die Biegezugfestigkeit muß mit einem Gerät nach DIN 1164 Teil 7, Ausgabe Juni 1970, Abschnitt 3.1 ermittelt werden.

8.7.3.5 Durchführung

Die Biegezugfestigkeit wird nach DIN 1164 Teil 7, Ausgabe Juni 1970, Abschnitt 3.1 geprüft.

8.7.3.6 Auswertung

Die Biegezugfestigkeit wird an drei Probekörpern festgestellt und der Mittelwert in ganzen Zahlen angegeben. Falls ein Probekörper mehr als 15 % vom Mittelwert nach unten abweicht, so ist sie durch zwei neue Probekörper zu ersetzen.

8.7.4 Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit wird in N/mm² bestimmt und nach DIN 1164 Teil 7, Ausgabe Juni 1970, Abschnitt 3.2 geprüft.

8.7.4.1 Zeitpunkt für die Prüfung

Sofort nach durchgeführtem Biegeversuch.

8.7.4.2 Gerät

Die Druckfestigkeit muß mit einem Gerät nach DIN 1164 Teil 7, Ausgabe Juni 1970, Abschnitt 3.2 ermittelt werden.

8.7.4.3 Durchführung

Eine Bruchhälfte aus der Biegezugfestigkeitsprüfung wird zur Druckfestigkeitsprüfung herangezogen. Der Druck wird auf die Seitenflächen aufgebracht. Die Druckfläche beträgt 40 mm × 62,5 mm (25 cm² entsprechend DIN 1164 Teil 7, Ausgabe Juni 1970, Abschnitt 3.2). Die Kraft ist in einer Sekunde um 1 kN (100 kp) zu steigern.

8.7.4.4 Auswertung

Die Druckfestigkeit wird an drei Probekörpern festgestellt. Als Druckfestigkeit gilt der Mittelwert der Prüfung von drei Bruchhälften verschiedener Prismen.

Der Mittelwert soll auf ganze Zahlen gerundet werden. Weicht ein Probekörper mehr als 10 % nach unten vom Mittel sämtlicher Werte ab, so sind zwei neue Probekörper einzusetzen.

8.7.5 Härte

Die Härte wird in N/mm² angegeben.

8.7.5.1 Gerät

Eines geeignete Kugeleindruck-Härteprüfgerät.

8.7.5.2 Probekörper

Die zweite Bruchhälfte der Prismen aus der Biegezugfestigkeitsprüfung wird zur Härteprüfung benutzt. Als Prüfoberfläche dienen die Seitenflächen der Probekörper.

8.7.5.3 Durchführung

Stahlkugel $D = 10$ mm

Prüfvorkraft $F_0 = 10$ N (1 kp)

Prüfkraft $F_1 = 500$ N (50 kp)

Jeweils ein Probekörper wird mit einer Seitenfläche nach unten in das Härteprüfgerät so eingelegt, daß die Stahlkugel jeweils bei den Viertelpunkten der Längsachse aufliegt; es wird mit der Prüfkraft F_0 und dann innerhalb von Sekunden mit der Prüfkraft F_1 belastet. Die Belastungsdauer beträgt 15 Sekunden.

8.7.5.4 Auswertung

Die bleibende Eindringtiefe oder der Durchmesser des bleibenden Eindrucks wird 15 Sekunden nach Wegnahme der Prüfkraft festgestellt. Die Härte wird berechnet:

in N

$$H = \frac{F_1}{\pi \cdot \bar{D} \cdot \bar{h}} = \frac{15,613}{\bar{h}} \quad \text{in N/mm}^2$$

$$H = \frac{F_1}{\frac{1}{2} \pi \cdot D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \quad \text{in N/mm}^2$$

F in kp

$$H = \frac{9,81 F_1}{\pi \cdot D \cdot \bar{h}} = \frac{15,613}{\bar{h}} \quad \text{in kp/mm}^2$$

$$H = \frac{9,81 F_1}{\frac{1}{2} \pi \cdot D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \quad \text{in kp/mm}^2$$

Es bedeuten:

D Durchmesser der Kugel in mm

F_1 Prüfkraft in N

$\bar{h}$ Mittelwert der Eindringtiefe der an drei Bruchhälften festgestellten 18 Eindrücke in mm

d Durchmesser des Eindrucks in mm

An jedem Probekörper werden 6 Eindrücke vermessen. Eindringtiefen, bei denen offensichtlich Luftporen getroffen wurden, bleiben unberücksichtigt.

7 Lieferart und Verpackung

Zahnärztlicher Gips nach dieser Norm wird in gut verschlossenen Verpackungen gegen Feuchtigkeit geschützt geliefert, die den Inhalt weder verunreinigen noch eine Verunreinigung zulassen. Jeder Packung ist eine Gebrauchsanweisung mit dem Wasser-Gips-Verhältnis, der Behandlung und Verwendung beizulegen oder auf Anforderung zuzuschicken.

8 Kennzeichnung

Jede Packung muß mindestens folgende Angaben enthalten:

- Name oder Zeichen des Herstellers und/oder Lieferanten
- Typ
- Seriennummer oder Buchstaben-Zahlen-Kombination, die sich auf Aufzeichnungen des Herstellers für die entsprechende Charge bezieht
- Mindestnettogewicht
- Lagerungsbedingungen mit Endverbrauchsdatum
- Gebrauchsanweisung; diese soll folgende Angaben enthalten:
Dosierung in Gewicht und/oder Volumen
Sumpfdauer
Mischtechnik
Rührintensität und -dauer
Mögliche Abweichung von der angegebenen Dosierung (Verarbeitungszeit)
Erstarrungsende
Spezielle Arbeitsverfahren vom Hersteller empfohlen und erklärt (Stellmittel usw.)
Günstigste Zeit zur Weiterverarbeitung
- Verbandszeichen  nach DIN 31

Anmerkung: Daten der physikalischen Eigenschaften des Gipses, die auf der Packung aufgedruckt oder der Packung beigelegt sind, sollen der Norm entsprechend angegeben werden.

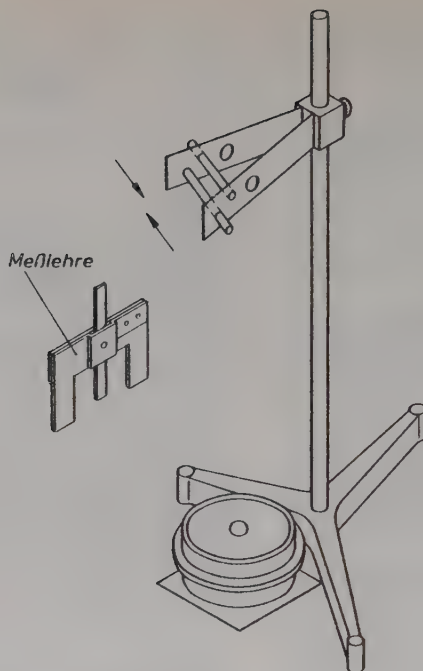


Bild 1. Gerät zur Bestimmung der Standardkonsistenz

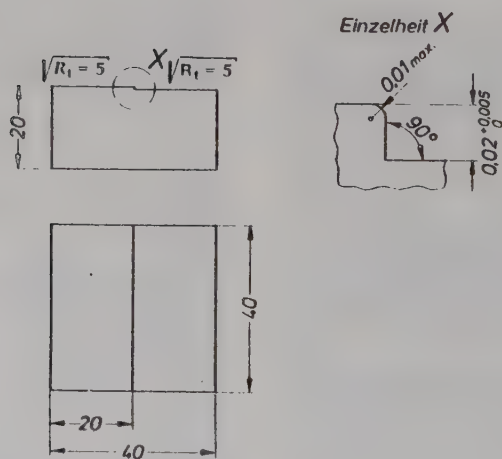
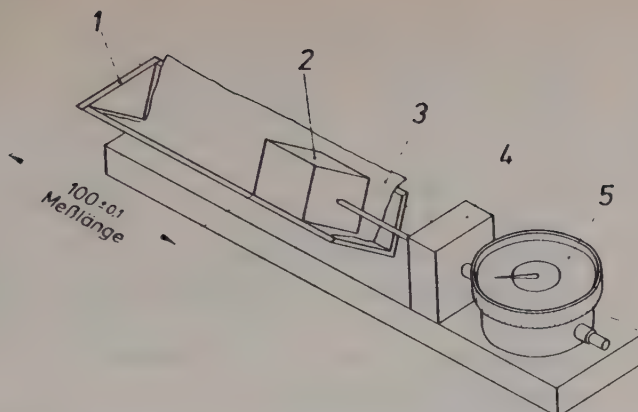


Bild 2. Prüfblock mit einer Stufe von 0,02 mm



- 1 Gleichschenklige 90°-Rinne von 30 mm innerer Kantenlänge, Mindestabmessungen 140 mm Länge und 4 mm Dicke
- 2 Stopper, Stahlwürfel mit den Abmessungen 30 mm × 30 mm × 30 mm und Gewicht ≈ 200 g
- 3 PTFE-Folie 0,1 bis 0,2 mm dick
- 4 Meßuhrhalter
- 5 Meßuhr nach DIN 878

Bild 3. Extensometer zur Bestimmung der Abbindeexpansion

Erläuterungen

Zu den Abschnitten 6.7.3 Biegezugfestigkeit, 6.7.4 Druckfestigkeit und 6.7.5 Härte wird erklärt, daß jeder Gipsstyp seinen eigenen Umrechnungsfaktor von der jeweiligen Härte zur Biegezug- und Druckfestigkeit hat (z. B. für Stuckgips entspricht die Härte etwa 2 × der Druckfestigkeit, die Druckfestigkeit etwa 2,2 × der Biegezugfestigkeit). Voraussetzung ist, daß die gleichen Probekörper für alle drei Prüfungen benutzt werden, d. h. die zweite Bruchhälfte aus dem Biegeversuch wird zur Härteprüfung benutzt. Die Umrechnungsfaktoren der Härte zur Druck- und Biegezugfestigkeit für die zahnärztlichen Gipse Typ III und IV müßten errechnet werden. Nach Berechnung dieser

Faktoren könnten die Biegezug- und Druckfestigkeitsprüfungen entfallen. In Fällen der Gewährleistung müssen Biegezug- und Druckfestigkeit mitgeprüft werden.

In der International Organization for Standardization (ISO) wird an der Aufstellung einer ISO-Norm über zahnärztliche Gipse gearbeitet. In der WG 2 „Zahnärztliche Werkstoffe“ des ISO/TC 106 „Zahnheilkunde“ wurde ein entsprechender Arbeitskreis unter amerikanischer Leitung gebildet. Diskussionsgrundlage ist die bestehende ADA Spezifikation Nr. 25. Für eine internationale Norm scheinen jedoch einige Änderungen notwendig zu sein, über die der Arbeitskreis im einzelnen entscheiden wird.

LEBENS LAUF

Zur Person

Name: Norbert Schöning
geb. am 27.12.51
in Neustadt an der Weinstraße
Eltern: Karl Schöning und Else Schöning, geb. Burkhardt
Heirat am 9.12.77
Ehefrau: Iris Schöning, geb. Thulke, Zahnärztin
Anschrift: Karl-Helfferich-Str. 13
6730 Neustadt 1

Schulischer Werdegang

1958 - 1963 Volksschule Neustadt/Weinstraße
1963 - 1971 Staatliches Leibniz-Gymnasium Neustadt
Abschluß: Reifezeugnis des mathematisch-naturwissenschaft-
lichen Zweigs

Beruflicher Werdegang

Okt. 71 - März 74 Studium der Zahnmedizin an der Johannes-
Gutenberg-Universität Mainz
April 74 - Sept. 74 Studium der Zahnmedizin an der Albert-
Ludwig-Universität Freiburg
Okt. 74 - Nov. 76 Fortsetzung des Studiums an der Univer-
sität in Mainz
Abschluß: Staatsexamen am 26.11.76

Juli 77 - Febr. 78 Tätigkeit als Assistenz Zahnarzt in einer
kassenzahnärztlichen Praxis
ab April 78 Tätigkeit als Assistenz Zahnarzt am Zahn-
ärztlichen Fortbildungszentrum in Stutt-
gart

